

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1981:82

UUDENKAUPUNGIN MAKEAVESIALTAAN
UUELLEENJÄRJESTELYMAHDOLLISUUDET

Olavi Penttilä

1981:82

UUDENKAUPUNGIN MAKEAVESIALTAAN
UUELLEENJÄRJESTELYMAHDOLLISUUDET

Olavi Penttilä

Diplomityö



Vesihallitus
Helsinki 1981

SISÄLLYSLUETTELO

| | sivu |
|---|------|
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 1.1 Uudenkaupungin makeavesiallas | 6 |
| 1.2 Tutkimuksen tausta | 7 |
| 2 ALUEEN VEDENTARVE | 10 |
| 2.1 Nykytilanne | 10 |
| 2.2 Vedentarpeen kehittyminen | 14 |
| 2.21 Väestöennusteet | 14 |
| 2.22 Vedenkulutuksen kehittyminen | 15 |
| 2.23 Vedenpuhdistamon raakavedentarve | 16 |
| 2.24 Teollisuuden raakavedentarve | 18 |
| 2.25 Kehitysmahdollisuudet | 18 |
| 2.26 Muu vedenkulutus | 19 |
| 2.27 Tuleva vedentarve | 19 |
| 3 NYKYISEN ALTAAN HYDROLOGIA | 22 |
| 3.1 Sadanta | 22 |
| 3.2 Altaan tulovirtaama | 24 |
| 3.3 Haihdunta altaan pinnasta | 31 |
| 3.31 Haihduntamäärityksen taustaa | 31 |
| 3.32 Astiahavainnot | 33 |
| 3.33 Aerodynaaminen menetelmä | 35 |
| 3.34 Suoritetun haihduntamäärityksen tarkkuus | 42 |
| 3.4 Nykyisen altaan nettotulovalunta ja altaasta saatavissa oleva vesimäärä | 47 |

| | sivu |
|--|------|
| 4 UUELLEENJÄRJESTELYPMAHDOLLISUUDET | 54 |
| 4.1 Uudelleenjärjestelyn taustaa | 54 |
| 4.2 Pienentämismvaihtoehdot | 57 |
| 5 PIENENNETYN ALTAAN NETTOTULOVALUNTA | 62 |
| 5.1 Määrityspäruustet | 62 |
| 5.2 Nettovuosiäalunnat | 62 |
| 5.3 Tarvittavat säännöstelyrajat | 64 |
| 5.4 Lisäveden saantimahdollisuudet | 65 |
| 5.5 Lisävedenpumpppauksen vaikutus | 69 |
| 6 VAIKUTUKSET VIRTAKUUSIIN JA VEDEN LAATUUN | 75 |
| 6.1 Vaikutukset virtauksiin | 75 |
| 6.2 Patovaihtoehdon 1 mukaiset virtaamat | 80 |
| 6.3 Patovaihtoehdon 2 mukaiset virtaamat | 90 |
| 6.4 Muut huomioitavat seikat | 92 |
| 7 TEKNINEN SUUNNITELMA JA KUSTANNUKSET | 95 |
| 7.1 Yleistä | 95 |
| 7.2 Pienentämismvaihtoehdon 1 toteuttamisen edellyt- | 96 |
| tämät rakenteet ja rakennustyöt | |
| 7.21 Penkereet | 96 |
| 7.22 Purettavat penkereet | 96 |
| 7.23 Perattavat uomat | 98 |
| 7.24 Rakennettavat sillat | 99 |
| 7.25 Lisäveden siirtosysteemi | 99 |
| 7.26 Muut rakenteet | 110 |

| | sivu |
|--|------|
| 7.3 Pienentämisvaihtoehdon 2 toteuttamisen edellyt- tämät rakenteet ja rakennustyöt | 111 |
| 7.31 Penkereet | 111 |
| 7.32 Purettavat penkereet | 112 |
| 7.33 Perattavat uomat | 112 |
| 7.34 Rakennettavat sillat | 112 |
| 7.35 Lisäveden siirtosysteemi | 113 |
| 7.36 Muut rakenteet | 118 |
| 7.4 Kokonaiskustannukset | 118 |
| 7.41 Pienentämisvaihtoehto 1 | 119 |
| 7.42 Pienentämisvaihtoehto 2 | 120 |
| 8. YHTEENVETO | 122 |
| KIRJALLISUUSLUETTELO | 126 |
| LIITTEET | 128 |

1. JOHDANTO

1.1. Uudenkaupungin makeavesiallas

Uudenkaupungin vesilaitos perustettiin vuonna 1951 Ruokolanjärven rantaan. Noin 10 vuotta myöhemmin todettiin veden loppuvan ja alettiin suunnitella vedenottoa Sirppujoesta. Samanaikaisesti tuli esille myös merenlahtien patoaminen varastoaltaaksi vedenhankintaa varten. Sysäyksen Uudenkaupungin makeavesialtaan rakentamiseen antoi Kemira Oy:n teollisuuslaitoksen sijoittuminen Uuteenkaupunkiin /1/.

Tehtaan perustamisen yhteydessä kaupunki sitoutui huolehtimaan vedensaannista ja nykyään myös kaupungin oma vedenhankinta hoidetaan pääosin makeavesialtaasta.

Makeavesialtaan padot ja sulut rakennettiin vuosina 1964 - 1965 ja vesi muuttui juomakelpoiseksi, eli suolapitoisuus laski alle arvon 200 mg Cl/l, vuoden 1967 loppupuolella. Velho- ja Ruotsinvesi erotettiin merestä 13 maapadolla, joista suurin, pääpato, rakennettiin Ruotsinveden eteläpuolella olevaan Järvenkarin raumaan. Altaan eteläpuolella olevia patoja pitkin on rakennettu Vohdensaaren - Lepäisten maantie. Säänöstelysulku ja venesulku rakennettiin pääpadon yhteyteen ja myöhemmin rakennettiin toinen venesulku Vintrinraumaan /1/, /2/.

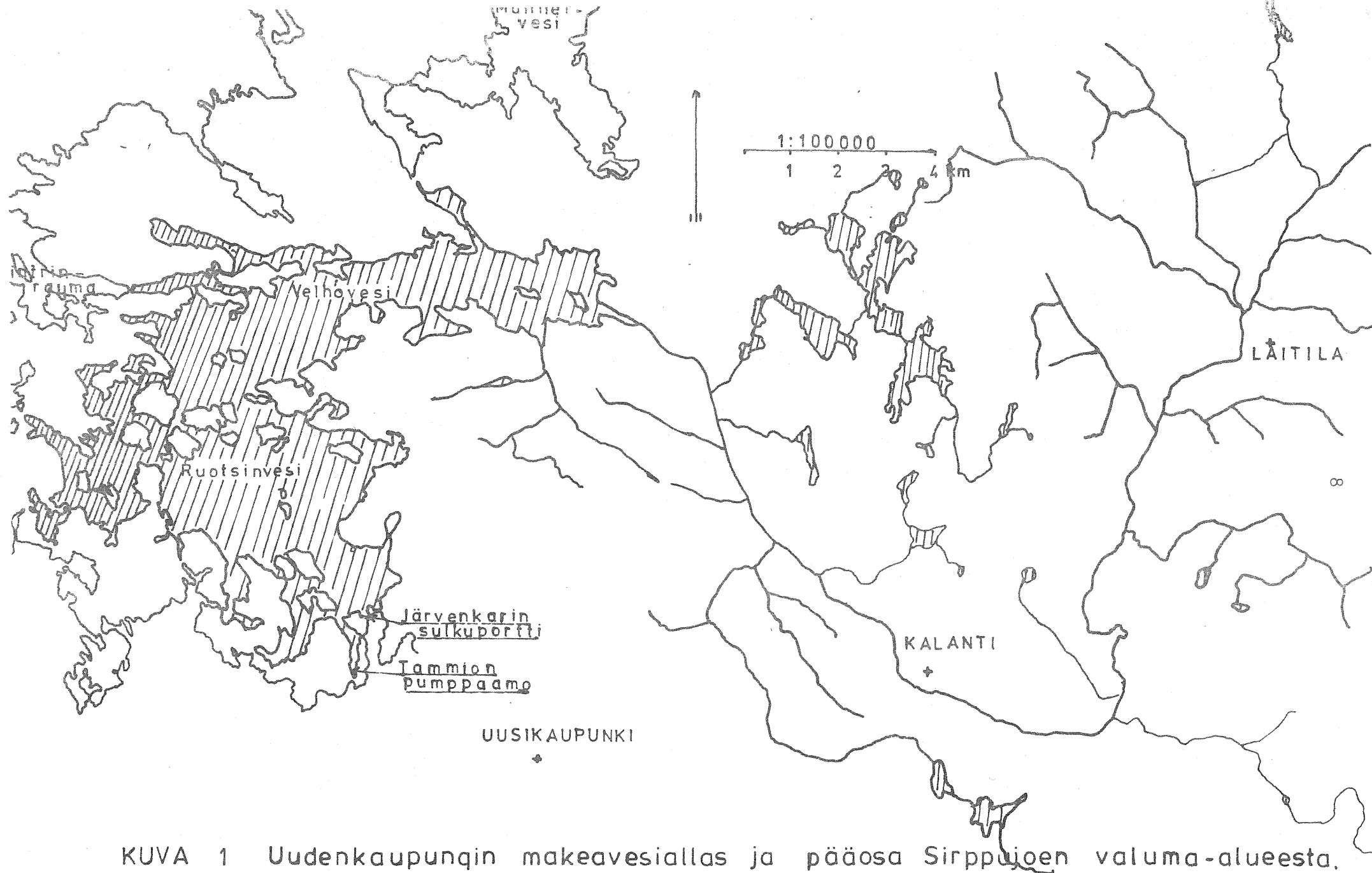
Altaan valuma-alue on kaikkiaan 498 km^2 ja tästä 86 % eli 430 km^2 kuuluu Sirppujoen valuma-alueeseen. Altaan oma valuma-alue on siten 70 km^2 , josta altaan pinta-ala on 37 km^2 . Varastoaltaan keskisyvyys keskiveden aikaan on 4,4 m ja tilavuus 165 milj. m^3 . Allas muodostuu kahdesta merenlahdesta, joiden välinen

saariketju kapeine salmineen muodostaa luonnollisen rajan niiden välille. Pohjoisempi näistä on Velhovesi, jonka pinta-ala on 20 km^2 . Se on suhteellisen tasapohjainen ja matala, keskisyvyydeltään noin 3,2 m. Velhoveden itäosaan päättyy ainoa altaaseen laskeva joki, Sirppujoki, jonka kuljettamat sedimentit osaltaan vaikuttavat Velhoveden mataluuteen ja pohjan tasaisuuteen. Eteläisempi Ruotsinvesi on pinta-alaltaan noin $17,0 \text{ km}^2$ ja sen keskisyvyys on noin 5,9 m. Altaan suurimmat syvänteet ovat Ruotsinveden itäosassa, jossa on mitattu 24,3 m syvä kohta. Yli 10 m syvien syvänteiden osuus Ruotsinveden pinta-alasta on noin 11,8 % /3/ (kuva 1).

Länsi-Suomen vesioikeuden päätöksen (39/1974) mukaan saa kaupunki ottaa vettä altaasta korkeintaan $65\,000 \text{ m}^3/\text{d}$. Vesioikeuden asettamat altaan säännöstelyrajat ovat seuraavat: Velho- ja Ruotsinveden säännöstelyn ylärajana pidetään korkeutta NN - 0,30 m. Säännöstelyn alaraja on aikana 15.5 - 15.9 korkeudessa NN - 0,65 m ja muulloin korkeudessa NN - 1,00 m. Säännöstelyn sekä ylä- että alarajaa alennetaan kuitenkin vuosikymmenen alussa meren keskivedenpinnan muutoksesta johtuen 5,6 cm.

1.2 Tutkimuksen tausta

Uudenkaupungin makeavesiallas on ratkaissut alueen vedenhankintaongelmat, mutta tuonut mukanaan myös ongelmia, joista mainittakoon altaan happamuudesta talvella 1968 - 1969 johdunut kalakuolema, jonka jälkeen altaalla on havaittu kaloja, Lounatkarinpuhtia lukuunottamatta, vain satunnaisesti. Toinen huomattava altaan muodostamisesta aiheutunut haitta on vesikasvillisuuden voimakas leviäminen altaan matalilla ranta-alueilla. Haittojen poistamiseksi ja rajoittamiseksi on ehdotettu altaan pienentämistä siten, että osa nykyisestä altaasta palautettaisiin meren yhteyteen.



KUVA 1 Uudenkaupungin makeavesiallas ja pääosa Sirppujoen valuma-alueesta.

Seuraavassa tutkimuksessa on tarkasteltu eri pienentämisvaihtoehtoja, niiden mukaan saatavia vesimääriä ja eri vedenotoilla tarvittavia säännöstelyrajoja. Tutkimuksessa käsitellään myös alueen vedenkulutusta, nykyisen altaan hydrologiaa, altaan pienentämisen edellyttämiä rakenteita, kustannusten suuruusluokkaa ja allasalueen virtausolosuhteita pienentämisen jälkeen. Pienentämiseen liittyvät veden laatua ja ekologiaa koskevat kysymykset on kuitenkin jätetty kokonaan tutkimuksen ulkopuolelle.

Uudenkaupungin makeavesialtaalla on suoritettu tutkimuksia altaan koko olemassaolon ajan. Sevola on vuonna 1975 julkaisussa Uudenkaupungin makeavesialtaan ekologisessa tutkimuksessa maininnut ennen vuotta 1975 suoritettut tutkimukset, niiden tekijät ja tutkimuskohteet. Vuonna 1977 Matti Saarivuori suoritti altaan pohjaeläimistöä, kalastoa ja veden ph:ta koskevan tutkimuksen. Ström laati vuonna 1978 selvityksen Uudenkaupungin makeavesialtaan happamuudesta. Altaan veden laatua ja siinä tapahtuvia muutoksia on edelleen seurattu sekä Uudenkaupungin kaupungin, että Turun vesipiirin vesitoimiston toimesta. 1970-luvun loppupuolella makeavesialtaalla suoritettut tutkimukset ovat painottuneet altaalle muodostuneen kasvilisyyden kartoitukseen ja poistokokeiluihin. Asiaan liittyviä selvityksiä ovat laatineet mm. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy 1976 ja Ström 1978, 1979 ja 1980.

2. ALUEEN VEDENTARVE

Nykyisestä altaasta saatavissa oleva vesimäärä on niin suuri, että lähialueen vedensaantia voidaan pitää turvattuna. Altaan pienentämisen edellytyksenä on pidettävä siitä, että altaasta saatava vesimäärä edelleen kattaa vähintään lähialueen vedentarpeen tulevaisuudessakin. Lähialueella tarkoitetaan altaan ympärillä olevia taajamia, joista vedenkulutuksen kannalta tärkeimmät ovat Uusikaupunki ja Kalanti.

Tulevaisuudessa tarvittavan vesimäärän arvioinnin pohjana on käytetty nykyistä vedentarvetta ja sen tähänastista kehitystä. Lisäksi on pyritty ottamaan huomioon teollisuuden tuleva vedentarve, ominaiskulutuksen, liittymisasteen ja alueen asukasluvun kehitys sekä esimerkiksi saatavissa olevan raakaveden alueelle mahdollisesti houkutteleva uusi teollisuus.

Liittymisaste on vaihdellut melkoisesti alueliitosten vuoksi, mutta keskustan liittymisaste on kasvanut tasaisesti ja oli vuonna 1979 jo noin 98,5 %. Ominaiskulutuksella on tässä tutkimuksessa tarkoitettu vedenkulutusta vuorokaudessa / liittynyt henkilö.

2.1 Nykytilanne

Uudenkaupungin kaupunki saa säännöstellä altaan vedenpinnan korkeutta Länsi-Suomen vesioikeuden myöntämän luvan edellyttämissä rajoissa ja johtaa altaasta vettä enintään $65\,000\text{ m}^3/\text{d}$ yhdyskunnan ja teollisuuden vedensaannin turvaamiseksi. Lupa mahdollistaa tasaisella vedenotolla $23,7$ miljoonan m^3 vuosioton.

Altaasta on myyty raakavettä Kemira Oy:lle vuodesta 1968

alkaen ja kaupungin oma vesilaitos aloitti altaan raakaveden käytön vedenpuhdistamolla samana vuonna. Kaupungin ja teollisuuden raakaveden kulutus ja vedenottopaikka vuosina 1972 - 1980 ilmenevät taulukosta 1. Kuvaan 2 on piirretty raakaveden kokonaiskulutus ja raakaveden kulutus makeavesialtaasta vuosina 1972 - 1980.

Taulukko 1

Raakaveden kulutuksen (1 000 m³/a) jakaantuminen vuosina 1972 - 1980

| | teollisuus | | | vedenpuhdistamo | | | (kokonais)raakaveden kulutus | | |
|------|------------|-----|------|-----------------|-----|------|------------------------------|-----|------|
| | MAV | RUV | YHT. | MAV | RUV | YHT. | MAV | RUV | YHT. |
| 1972 | 981 | 159 | 1140 | 502 | 406 | 908 | 1483 | 565 | 2048 |
| 1973 | 1099 | 207 | 1307 | 703 | 357 | 1060 | 1802 | 564 | 2366 |
| 1974 | 1171 | 178 | 1349 | 674 | 384 | 1058 | 1845 | 562 | 2407 |
| 1975 | 1364 | 120 | 1484 | 1250 | - | 1250 | 2614 | 120 | 2734 |
| 1976 | 1304 | - | 1304 | 1402 | 39 | 1441 | 2706 | 39 | 2745 |
| 1977 | 1142 | - | 1142 | 1071 | 423 | 1494 | 2213 | 423 | 2636 |
| 1978 | 1207 | - | 1207 | 707 | 745 | 1452 | 1914 | 745 | 2659 |
| 1979 | 1304 | - | 1303 | 833 | 501 | 1334 | 2137 | 501 | 2638 |
| 1980 | 1475 | - | 1475 | 955 | 370 | 1325 | 2430 | 370 | 2800 |

MAV makeavesialtaan vettä

RUV Ruokolanjärven ja Käätyjärven vettä

Taulukosta 2 ilmenee vedenpuhdistamolle pumpattu vesimäärä, laitokselta lähtevä vesimäärä, laitoksen käyttämä vesimäärä ja kaupungin henkikirjoitettu asukasluku vuosina 1972 - 1979. Laitoksen käyttämää vesimäärää tarkasteltaessa on huomattava, että uusi vedenpuhdistamo on ollut käytössä vuodesta 1977 ja että myös laitokselta myyty raakavesi sisältyy kyseiseen lukuun. Lisäksi taulukossa on keskusta-alueen vastaavat liittymisasteet ja ominaiskulutukset. Koska liittymisastetta on tarkkailtu vasta vuodesta 1977 on

vuoden 1976 liittymisaste arvioitu havaitun kehityssuunnan perusteella.

Taulukko 2

Puhdistamolle tullut raakavesi, puhdistamolta lähtenyt puhdistettu vesi ja laitoksen käyttämä vesimäärä sekä kaupungin henkikirjoitettu väestö vuosina 1972 - 1980. Keskusta-alueen henkikirjoitettu väestö, liittymisasteet ja ominaiskulutukset vuosina 1976 ja 1979

| | tuleva 1000 m ³ /a | lähtevä 1000 m ³ /a | sis.käyttö % 1000 m ³ /a | asukas luku | keskus- ta as.luku | liitty- minen % as. | om.kul. as.d |
|------|----------------------------------|-----------------------------------|--|----------------|--------------------------|------------------------------|-----------------|
| 1972 | 908 | 827 | 8,9 | 81 | 8889 | | |
| 1973 | 1060 | 954 | 10,0 | 106 | 9509 | | |
| 1974 | 1058 | 993 | 6,1 | 65 | 11308 | | |
| 1975 | 1250 | 1179 | 5,7 | 71 | 11918 | | |
| 1976 | 1441 | 1310 | 9,1 | 131 | 12184 | 10621 95 | 10090 356 |
| 1977 | 1494 | 1272 | 14,9 | 222 | 12438 | 96,0 | |
| 1978 | 1452 | 1234 | 15,0 | 217 | 12551 | 97,1 | |
| 1979 | 1334 | 1138 | 14,8 | 197 | 12607 | 11100 98,5 | 10934 285 |
| 1980 | 1325 | 1219 | 8,0 | 106 | | | |

Taulukoista käy ilmi, että kokonaisraakaveden kulutus on noussut nykyiselle tasolle vuonna 1976, jonka jälkeen se on pysynyt suunnilleen vakiona. Teollisuuden osuus kokonaisraakavedenkulutuksesta on ollut noin 50 % ja järviveden osuus on vaihdellut 1.5 - 28.0 % välillä. Uuden vedenpuhdistamon sisäinen vedenkulutus on ollut noin 15 % puhdistamolle tulleesta raakavedestä. Taulukosta 2 ilmenevä ominaiskulutuksen pieneneminen on yleinen ilmiö Suomessa 1970-luvun lopulla ja johtunee ainakin osaksi jätevesimaksun käyttöönotosta. Ominaiskulutusta pienentää myös taulukosta 5 ilmenevä yleisen vedenkäytön pieneneminen mikä johtuu ainakin osaksi vuotovesien paremmasta hallinnasta. On kuitenkin varauduttava ominaiskulutuksen uuteen loivaan nousuun.

Liittymisprosentti keskusta-alueella oli vuonna 1979 noin 98,5 % ja voidaan olettaa, että vesilaitoksen toiminta-alueella liittymisprosentiksi tulee lähivuosina 100. Asutuksen osuus puhdistetun veden käytöstä on vuosina 1977 - 1979 ollut 55 - 61 %, palvelun osuus 18 - 20 %, teollisuuden osuus 8 - 15 % ja yleisen käytön osuus 6 - 18 %.

Teollisuuden raakaveden saanti on viime vuosina järjestetty yksinomaan makeavesialtaasta, jonka veden laatu on järeivettä parempaa. Koska raakaveden siirtokapasiteetti ei pysty kattamaan sekä Saab-Valmetin että vedenpuhdistamon raakaveden tarvetta on puhdistamo ollut viime vuosina pakotettu käyttämään osaksi Ruokolanjärven vettä. Syynä taulukosta 1 ilmenevään puhdistamon saaman allasvesimäärän pienenemiseen on vesilaitoksen siirtyminen kaksivuorotyöhön, jolloin vedenottoa päivällä on jouduttu tehostamaan ja siirtokapasiteetti altaasta on havaittu liian pieneksi. Allasveden lisäksi tarvittu raakavesimäärä on pumpattu Ruokolanjärvestä. Raakavesiputkiston kapasiteetinlisäys on kaupungin suunnitelmissa ja tulevaisuuden vedentarvetta arvioitaessa on varauduttava siihen, että myös puhdistamon tarvitsema vesimäärä otetaan kokonaisuudessaan makeavesialtaasta.

Kesäaikana 15.5 - 15.9, jolloin altaan säännöstelyrajat ovat tiukemmat, on altaasta pumpatun veden osuus altaasta vuoden aikana pumpatusta vedestä vuosina 1972 - 1979 vaihdellut välillä 29 - 35 %, keskiarvon ollessa 32,3 %. Teollisuuden käyttämän raakaveden määrä on kesälomien vuoksi hieman pudonnut, mutta vastaavasti kaupungin vedenottamo on lisännyt allasvesiosuuttaan. Kokonaisvedentarpeen väheneminen on huomioitu pienentämällä järviveden määrää. Myöhemminkin raakavedenoton keskittyttyä kokonaan makeavesialtaaseen on tehostuvan kastelun vuoksi syytä olettaa kesäkolmanneksen raakavedentarpeen olevan noin 1/3 vuotuisesta vedentarpeesta.

Kaupungin vedenpuhdistamon ja teollisuuden lisäksi altaan vettä käyttävät allasalueen maanviljelijät ja ranta-asukkaat talousvedeksi ja kasteluun. Kyseiset vesimäärät ovat kuitenkin niin pienet, että niillä ei ole sanottavaa merkitystä altaan pinnankorkeuksiin tai altaasta saataviin vesimääriin.

2.2 Vedentarpeen kehittyminen

Alueen tuleva vedentarve riippuu väestökehityksestä, kulu-
tustilavun muutoksista, teollisuuden vedentarpeesta, halutus-
ta kehitysvarasta ja muusta mahdollisesta vedenkulutukses-
ta.

2.21 Väestöennusteet

Viralliset kunnittaiset väestöennusteet vaihtelevat ja
ulottuvat korkeintaan vuoteen 1990 (taulukko 3). Tilastokes-
kus on tehnyt koko maata ja läänejä koskevat ennusteet vuo-
teen 2010.

Taulukko 3

Uudenkaupungin väestökehitys

| Ennuste/tavoite | 1980 | 1985 | 1990 | 2000 | 2010 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| kaupungin oma kv 29.10.1979 | | | | | |
| vahvistamaton ennuste | 13129 | 14200 | 15200 | | |
| tilastokeskus 1978 | 13524 | 15066 | 16206 | | |
| Seutukaavaliittonesitys (kesä -79, kesä -80) | | 13700 | 14340 | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| koko maa (tilastokes- kus 1978) | 4786867 | 4873679 | 4932220 | 4943791 | 4869299 |
| Turun ja Porin läänin kaupungit | 429381 | 438477 | 444342 | 445300 | 440401 |

Lähikunnista vedentarvitsijana tulee kysymykseen lähinnä Kalanti (taulukko 4).

Taulukko 4

Kalannin väestökehitys

| Ennuste/tavoite | 1980 | 1985 | 1990 |
|--------------------------------|------|------|------|
| kunnan oma arvio | | 3700 | 3900 |
| Tilastokeskus 1978 | 3552 | 3797 | 4009 |
| Seutukaavaliitto (kesä -80) | 3470 | 3470 | 3470 |

Kyseisissä ennusteissa ei ole Uudenkaupungin kohdalla otettu huomioon Lokalahden liitoksesta aiheutunutta väestönlisäystä. Toisaalta liitoksen johdosta vesilaitoksen toiminta-alueen asukasluku ei kasva ja liitos voidaan jättää huomioimatta. Tilastokeskuksen koko maata koskevat väestöennusteet osoittavat maan väkiluvun kasvun pysähtyvän vuoteen 2000 mennessä ja kääntyvän laskuun. Tilanne on sama Turun ja Porin läänin kaupungeissa, joiden väkiluku lienee suurimmillaan noin vuonna 2000. Kuitenkin on otettava huomioon, että esimerkiksi runsaasti saatavissa oleva käyttövesi saattaa houkutella alueelle teollisuutta, jonka vaikutuksesta väestökehitys ainakin paikallisesti poikkeaa ennustetusta.

2.22 Vedenkulutuksen kehittyminen

Tulevan vedenkulutuksen arvioinnin helpottamiseksi on taulukkoon 5 koottu puhdistetun veden ryhmitelty käyttö vuosina 1977 - 1979. Vuoden 1980 tulokset eivät vielä olleet käytettävissä. Kaupunkiliiton julkaisun B63 mukaan ryhmitely muodostui seuraavaksi:

- asuintalojen vedenkulutus
- palvelutoimintojen vedenkulutus
 - toimistot, sairaalat, liikkeet, koulut, virastot jne.
- teollisuuden vedenkulutus
- yleinen vedenkulutus

- kastelu, sammutus, huuhtelu, vuodot jne.

Lisäksi taulukossa on ennustettu eri ryhmien vedenkulutuksen kehittymistä. Ennusteen pohjana on Kaupunkiliiton julkaisun B63 mukaiset vuoden 2010 arvot ja vastaavat mitatut vuoden 1979 arvot. Väliarvot vuosina 1990 ja 2000 on saatu interpoloimalla edellisistä. Teollisuuden puhtaan veden kulutus riippuu alueen teollisuuden määrästä, laadusta ja tulevasta kehityksestä. Ennusteessa on teollisuuden puhtaan veden kulutuksen suhteellinen osuus puhtaan veden kokonaiskulutuksesta arvioitu samansuuruiseksi vuoden 1979 arvon kanssa. Yleisen käytön osuus on arvioitu ennustetta pienemmäksi, koska osa yleiseen käyttöön luettavasta vedestä voidaan toimittaa laitokselta raakavetenä ja sisältyy siten laitoksen sisäiseen vedenkulutukseen.

Taulukko 5

Puhdistetun veden käyttö vuosina 1977 - 1979 ja ennusteet vuosille 1990, 2000 ja 2010.

| | asutus | | | palvelu | | | teollisuus | | | yl. käyttö | | | yht. |
|------|---------------------------|------|-------------------------|---------------------------|------|-------------------------|---------------------------|------|-------------------------|---------------------------|------|-------------------------|-------------------------|
| | 1000 m ³ /a | % | $\frac{1}{\text{as.d}}$ | 1000 m ³ /a | % | $\frac{1}{\text{as.d}}$ | 1000 m ³ /a | % | $\frac{1}{\text{as.d}}$ | 1000 m ³ /a | % | $\frac{1}{\text{as.d}}$ | $\frac{1}{\text{as.d}}$ |
| 1977 | 710 | 55,8 | | 226 | 17,7 | | 116 | 9,2 | | 220 | 17,3 | | |
| 1978 | 736 | 59,7 | | 244 | 19,8 | | 183 | 14,8 | | 72 | 5,7 | | |
| 1979 | 690 | 60,6 | 173 | 209 | 18,4 | 52 | 175 | 15,4 | 44 | 64 | 5,7 | 16 | 285 |
| 1990 | | | 186 | | | 58 | | | 48 | | | 21 | 313 |
| 2000 | | | 199 | | | 64 | | | 52 | | | 25 | 340 |
| 2010 | | 58,0 | 212 | | 19,0 | 69 | | 15,0 | 55 | | 8,0 | 29 | 365 |

2.23 Vedenpuhdistamon raakaveden tarve

Vedenpuhdistamon raakaveden tarvetta vuosina 1990, 2000 ja 2010 arvioitaessa on otettu huomioon seuraavat oletukset:

- vedenpuhdistamon sisäinen kulutus on edelleen 15 % laitokselle tulevasta raakavedestä
- asukasluvun kasvu keskittyy vesilaitoksen nykyiselle toiminta-alueelle, jossa liittymisprosentti kasvaa arvoon 100

- vesilaitoksen toiminta-alueen ulkopuolella olevien alueiden asukasluku säilyy nykyisellään ja vesilaitoksen toiminta-alueen laajentuessa 30 % asukkaista tulee asteittain (10 %/10 v) vesilaitoksen asiakkaiksi
- Kalanti ostaa tarvitsemansa puhtaan veden kaupungin vedenpuhdistamolta
- ominaiskulutus kasvaa taulukon arvojen mukaan.

Kaupungin väkiluvun kehitysennusteet vaihtelevat melkoisesti. Kaupunginvaltuuston oman arvion mukaan väkiluku on vuonna 1990 15 200 ja mikäli kehitys ei poikkea Turun ja Porin läänin kaupunkien yleisestä kehitysennusteesta niin vuosien 2000 ja 2010 väkiluvuksi voitaneen arvioida 16 000.

Kalannin kunnan alueella arvioidut pohjavesivarat ovat $400 \text{ m}^3/\text{d}$. Vesijohtoverkkoon liittyneitä asukkaita on 800 ja tämänhetkinen vedenkulutus on noin $250 \text{ m}^3/\text{d}$. Nykyisten suunnitelmien mukaan Kalanti ottaa tulevaisuudessa tarvitsemansa veden Uudenkaupungin vedenpuhdistamolta kuitenkin niin, että mahdollisimman kauan ja suurelta osin käytetään kunnan omia pohjavesivaroja. Putkiston mitoituksessa valmistaudutaan kuitenkin siirtämään koko tarvittava vesimäärä Udestakaupungista. Vesijohtoverkkoon liittyneiden asukkaiden lukumäärän voidaan arvioida kasvavan keskimäärin noin 20:lla vuosittain, jolloin kuluttajia on vuonna 1990 1 000, vuonna 2000 1 250 ja vuonna 2010 1 500.

Taulukosta 6 ilmenee kaupungin vesilaitokseen liittyneiden asukkaiden lukumäärä ja ominaiskulutuksen arvioitu kehitys vuosina 1980, 1990, 2000 ja 2010. Lisäksi taulukosta käy selville vastaavien vuosien puhtaan veden tarve, laitoksen oma vedenkäyttö ja tarvittavat raakavesimäärät.

Taulukko 6

Vedenpuhdistamon tarvitseman raakaveden kehitysennuste

| | Liitt. as.lkm. | om.kul. l/as.d | puhd.vesi 1000 m ³ / a | laitos 1000 m ³ / a | raakavesi 1000 m ³ /a |
|------|-------------------|-------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1990 | 14850 | 313 | 1680 | 297 | 1977 |
| 2000 | 16050 | 340 | 1992 | 351 | 2343 |
| 2010 | 16450 | 365 | 2192 | 386 | 2578 |

2.24 Teollisuuden raakavedentarve

Teollisuuden raakavedentarve on vuosina 1972 - 1980 vaihdellut välillä 1 140 000 - 1 480 000 m³/a. Nykyisen teollisuuden raakavedentarve saattaa tuotannon muutosten ja laajennusten johdosta kasvaa huomattavasti tarkastelujakson loppuun mennessä. Lisäksi on huomattava muu alueelle mahdollisesti tuleva vettä runsaasti käyttävä teollisuus.

2.25 Kehitysmahdollisuudet

Edellä olevissa vedentarve-ennusteissa on pitäydytty todennäköisessä kehityksessä ja pyritty arvioimaan alueen vedentarve, mikäli ennusteet pitävät paikkansa. Nykytilanteessa kaupungin raakavesitilanne on niin hyvä, että se tai jokin muu seikka saattaa houkutella alueelle uutta teollisuutta, joka aiheuttaa väkiluvun ja siten myös vedenkulutuksen ennusteita voimakkaamman kasvun. Ongelmana onkin kaupungin raakavesitarpeen kehittymisarvioon tehtävän kehitysvaran suuruus. Esimerkiksi vuosina 1965 - 1975, jolloin kaupungin teollistuminen oli voimakasta, kaupungin ja liitosalueiden väkiluku kasvoi noin 5 000 hengellä. Nykyisten ennusteiden mukaan kaupungin väkiluku kasvaa seuraavana 30 vuotena noin 3 000 hengellä. Mikäli arvioidaan, että kaupungeissa tapahtuu ennustetun kehityksen lisäksi esimerkik-

si vuosien 1965 - 1975 teollistumista vastaava teollistuminen, on vuoden 2010 raakaveden vedentarve-ennusteisiin lisättävä teollisuuden osuutena noin $1\,500\,000\text{ m}^3/\text{a}$ ja väestönlisäyksen johdosta noin $800\,000\text{ m}^3/\text{a}$.

2.26 Muu vedenkulutus

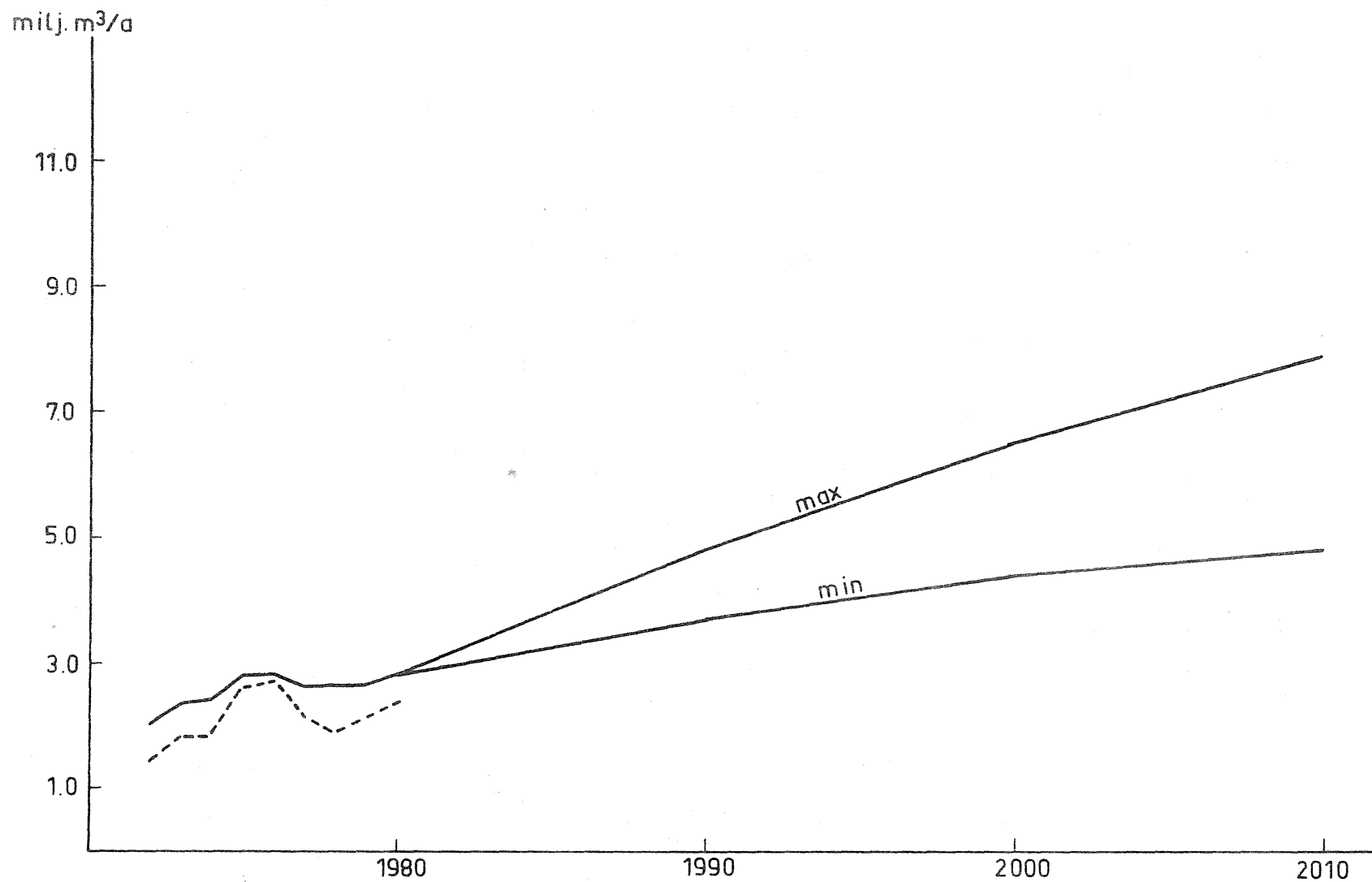
Altaan vedenkäyttö kasteluvetenä saattaa lisääntyä allasalueella ja Sirppujoen vedenkäyttö jokivarsialueella. Alentamalla altaan pintaa 1 cm saadaan kastelukäyttöön $370\,000\text{ m}^3/\text{a}$ ja arvioimalla kasteluveden tarpeeksi $500\text{ m}^3/\text{ha/a}$ voidaan kasteluvedellä kastella noin 750 ha, mikä on huomattavasti suurempi kuin altaan kasteluetaisyydellä olevien peltojen yhteispinta-ala. Sirppujoen varressa on peltohehtareja huomattavasti enemmän, mutta suurin kasteluvetenä käytettävissä oleva vesimäärä on Sirppujoen kesäkuun virtaama vähennettynä minimijuoksutuksella. Sirppujoen kokonaisvirtaaman vaikutus kuivimpina kesinä on kesäkuussa alle 10 allasmillimetriä, joten kastelun kokonaisvaikutuksellakaan ei ole sanottavaa merkitystä altaan vesivaraston suuruuteen tai altaasta saatavaan raakavesimäärään.

Altaasta pumpattava vesimäärä saattaa nousta huomattavasti mikäli altaan vettä ryhdytään käyttämään kauempana olevien suurien yhdyskuntien, kuten Turun tai Rauman vesihuoltoon.

2.27 Tuleva vedentarve

Tulevana raakavedentarpeena on pidettävä vähintään vuoden 2010 vedenpuhdistamon arvioitua raakaveden tarvetta lisättyinä teollisuuden raakavedentarpeella. Lisäksi on syytä ottaa huomioon alueen kehittymisen edellyttämät raakavesireservit ja muu ennusteista poikkeava kehitys, joka johtuu esimerkiksi teollisuuden ominaiskulutuksen tai väestökehityksen uudesta kehityssuunnasta. Myös veden mahdollinen johtaminen muihin yhdyskuntiin on otettava huomioon.

Kuvaan 2 on piirretty raakavedentarpeen ennustetut kehitykset sekä tilanteessa, jossa väestönkehitys on ennustetun kaltainen ja teollisuuden vedenkulutus kasvaa puolitoistakertaiseksi, että tilanteessa jossa väestöennusteisiin varataan 5000 hengen kehitysvara, nykyisen teollisuuden vedenkulutus nousee kaksinkertaiseksi ja alueelle siirtyy uutta teollisuutta, jonka vedentarve on nykyisen teollisuuden vedentarpeen luokkaa.



KUVA 2. Raakaveden kokonaiskulutus — ja raakaveden kulutus makeavesi-altaasta ---- vuosina 1972—1980 sekä raakavedentarpeen kehitysennusteet vuoteen 2010 asti.

3. NYKYISEN ALTAAN HYDROLOGIA

Nykyisestä altaasta saatavissa olevan vesimäärän laskemiseksi on selvitettävä altaan sadanta, haihdunta ja tulovirtaama. Lisäksi on otettava huomioon altaan pinnankorkeuksia koskevat määräykset ja vedenoton vaikutukset.

Sadannan, haihdunnan ja tulovirtaaman avulla on laskettu altaan nettotulovalunta. Tulosten havainnollistamiseksi luvut on muutettu allasmillimetreiksi. Koska nettotulovalunnat vaihtelevat eri vuosina voimakkaasti, on laskettu myös 1950-luvun nettotulovalunnat, jotta saadaan käsitys siitä, miten altaan pinta olisi vaihdellut 1950-luvun kuivina vuosina.

Nettotulovalunnan määrittäystä vaikeuttaa altaalla suoritettujen suoranaisten havaintojen niukkuus. Tarkastelujaksoksi on valittu vuodet 1950 - 1979 ja ainoastaan sadannasta on käytettävissä kyseisiä vuosia vastaavat havainnot makeavesialtaalta. Tulovirtaamia koskevia havaintoja on vuodesta 1970 lähtien ja suoranaisia haihduntahavaintoja ei altaalla ole suoritettu lainkaan. Puuttuvat arvot on kuitenkin pyritty arvioimaan, jotta altaan nettotulovalunta voidaan määrittää koko tarkastelujakson ajalta.

Vuotuisen epätasaisuuden selvittämiseksi nettotulovalunnat on laskettu kuukausittain ja säännöstelyrajojen ajallista sijoittumisesta johtuen toukokuun ja syyskuun arvot on laskettu puolikuukausittain.

Altaan pinta-alan muutosta vedenkorkeuden vaihdellessa ei ole otettu laskelmissa huomioon, koska ko muutos on altaan jyrkkärantaisuuden ja pienien korkeusvaihteluiden takia vähäinen.

3.1. Sadanta

Altaan pinnalle tulleen sadannan määrittämiseksi on ollut

käytettävissä kaksi sadeasemaa. Uudenkaupungin sadeasema on ollut käytettävissä vuodesta 1959 lähtien ja Lyökin sadeasemalta on havainnot koko tarkastelujakson ajalta.

Sadeasemien julkaisemat arvot ovat ns. korjaamattomat arvot, joissa ei ole otettu huomioon tuuli- ja kostutusvirhettä. Korjatut sadanta-arvot saadaan kertomalla kuukausisadannat kuukausikertoimilla, jotka vaihtelevat kuukausittain. Kuusisto on Säkylän Pyhäjärven vesitasetta ja säännöstelyä koskevassa teoksessaan /15/ käyttänyt Solantien ja Helimäen vuonna 1975 esittämiä korjauskertoimia jotka Lounais-Suomessa ovat seuraavat:

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1,35 | 1,37 | 1,35 | 1,17 | 1,08 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,09 | 1,18 | 1,26 |

Kertoimissa otetaan kesäaikana huomioon 5 % tuulivirhe ja 1 % kostutusvirhe; korjauskerroin on siten kesäaikana 1,06. Muina vuodenaikoina kertoimet ovat suurempia, talvikuukausina erityisen suuret, koska lumisateen mittaaminen sademittarilla on hyvin epätarkkaa.

Lyökin ja kaupungin sadeasemat edustanevat altaan sadantaa melko hyvin, sillä edellinen sijaitsee altaan merenpuoleisella reunalla ja jälkimmäinen rannikolla altaan läheisyydessä. Asemien sijainnista johtuen Lyökin havaintoaseman merkitys on selvästi kaupungin havaintoaseman merkitystä suurempi.

Talvella jääpeitteen aikana saattaa tuuli kuljettaa lunta altaan reunoille. Tämä ilmeisesti aiheuttaa virhettä talviaikaisen nettotulovalunnan määrittämisessä, mutta vuotuisen nettotulovaluntaan sillä ei ole merkitystä rannalle kulkeutuneen lumen palatessa lähes kokonaisuudessaan pinta- tai pintakerrosvaluntana altaaseen sulamiskauden aikana.

Uudenkaupungin ja Lyökin havaintoasemilla vuosina 1959 -

1979 tehtyjen kuukausihavaintojen perusteella on laskettu asemien sadehavaintojen kuukausittainen keskinäinen riippuvuus. Lyökin vuosien 1950 - 1958 kuukausihavaintojen ja riippuvuussuhteiden avulla on arvioitu Uudenkaupungin havaintoaseman vastaavat havainnot. Korjatut sadannat on saatu kertomalla havaitut tai arvioidut arvot kuukausikertomilla. Altaan sadannat on laskettu korjatuista kuukausisadannoista Thiessenin menetelmän avulla. Toukokuun ja syyskuun sadannat on laskettu puolikuukausittain siten, että kuukausien allassadannat on jaettu Lyökin havaintoasemalta vastaavina aikoina tehtyjen havaintojen suhteessa.

Taulukossa 7 on esitetty kuvatulla tavalla määritetyt kuukausisadannat makeavesialtaan pinnalle vuosina 1950 - 1979. Taulukosta ilmenevät myös sadannan vuosisummat.

3.2 Altaan tulovirtaama

Makeavesialtaan valuma-alue on 461 km^2 ja siitä 430 km^2 eli 93 % kuuluu Sirppujoen valuma-alueeseen. Käytännössä altaan tulovirtaama on siis riippuvainen Sirppujoen virtaamasta.

Koska nettotulovalunnan tarkastelujaksoksi valittiin vuodet 1950 - 1979, on pyrittävä selvittämään myös Sirppujoen virtaamat vastaavana ajanjaksona. Sirppujoen Puttakosken virtaamat on havaittu päivittäin vuosina 1970 - 1979, mutta vuosien 1950 - 1969 virtaamien selvittämiseksi on käytettävä vertailuvesistöä.

Vertailuvesistöksi on valittu Aurajoen Hypöistenkosken valuma-alue. Säännölliset virtaamahavainnot on vertailuvesistön alueelta vuodesta 1949 lähtien, joten havaintosarjan pituus on riittävä. Kooltaan 385 km^2 ja järvisyvyydeltään 0,0 % se on verrattavissa Puttakosken valuma-alue-

Taulukko 7

Uudenkaupungin makeavesialtaan sadanta kuukausittain vuosina 1950 - 1979 (mm).

| | I | II | III | IV | V | V | VI | VII | VIII | IX | IX | X | XI | XII | YHT. |
|------|----|----|-----|----|------|-------|----|-----|------|------|-------|-----|-----|-----|-------|
| | | | | | 1-15 | 16-31 | | | | 1-15 | 16-30 | | | | I-XII |
| 1950 | 38 | 63 | 57 | 80 | 7 | 24 | 23 | 39 | 44 | 43 | 53 | 65 | 76 | 102 | 714 |
| 1951 | 62 | 21 | 42 | 84 | 5 | 5 | 32 | 34 | 25 | 24 | 24 | 12 | 77 | 62 | 509 |
| 1952 | 53 | 84 | 21 | 44 | 3 | 15 | 23 | 65 | 58 | 14 | 29 | 73 | 72 | 77 | 631 |
| 1953 | 44 | 58 | 11 | 22 | 1 | 36 | 72 | 117 | 118 | 30 | 22 | 39 | 45 | 27 | 642 |
| 1954 | 63 | 5 | 49 | 41 | 1 | 20 | 51 | 192 | 107 | 24 | 60 | 77 | 89 | 90 | 869 |
| 1955 | 89 | 13 | 22 | 18 | 49 | 10 | 10 | 4 | 3 | 81 | 55 | 71 | 45 | 86 | 556 |
| 1956 | 49 | 40 | 8 | 29 | 10 | 8 | 93 | 25 | 34 | 5 | 14 | 44 | 20 | 58 | 437 |
| 1957 | 41 | 53 | 23 | 19 | 33 | 1 | 60 | 42 | 92 | 34 | 59 | 19 | 36 | 42 | 554 |
| 1958 | 29 | 11 | 13 | 19 | 29 | 36 | 35 | 38 | 43 | 1 | 8 | 35 | 63 | 56 | 421 |
| 1959 | 87 | 21 | 32 | 46 | 6 | 14 | 21 | 9 | 62 | 4 | 1 | 44 | 77 | 55 | 479 |
| 1960 | 96 | 27 | 7 | 19 | 10 | 2 | 48 | 61 | 127 | 27 | 9 | 48 | 94 | 89 | 664 |
| 1961 | 78 | 41 | 30 | 14 | 19 | 19 | 98 | 102 | 117 | 40 | - | 54 | 62 | 66 | 740 |
| 1962 | 55 | 54 | 25 | 36 | 12 | 22 | 43 | 36 | 85 | 44 | 15 | 57 | 43 | 23 | 565 |
| 1963 | 31 | 17 | 16 | 43 | 11 | 20 | 15 | 32 | 120 | 73 | 13 | 108 | 60 | 29 | 598 |
| 1964 | 27 | 67 | 5 | 33 | 10 | 5 | 39 | 71 | 61 | 26 | 36 | 48 | 66 | 96 | 590 |
| 1965 | 76 | 30 | 24 | 26 | 1 | 15 | 34 | 114 | 61 | 52 | 23 | 51 | 42 | 63 | 612 |
| 1966 | 33 | 27 | 42 | 33 | 2 | 23 | 38 | 84 | 80 | 55 | 17 | 38 | 92 | 109 | 673 |
| 1967 | 56 | 47 | 41 | 22 | 33 | 40 | 37 | 10 | 198 | 46 | 16 | 111 | 61 | 44 | 762 |
| 1968 | 48 | 26 | 39 | 40 | 27 | 13 | 32 | 39 | 23 | 13 | 38 | 118 | 63 | 41 | 560 |
| 1969 | 42 | 32 | 4 | 45 | 16 | 22 | 2 | 83 | 34 | 29 | 65 | 52 | 124 | 31 | 581 |
| 1970 | 41 | 28 | 69 | 93 | - | 29 | 5 | 103 | 49 | 37 | 54 | 30 | 76 | 64 | 678 |
| 1971 | 61 | 54 | 40 | 22 | 7 | 4 | 10 | 20 | 66 | 19 | 5 | 57 | 62 | 67 | 494 |
| 1972 | 9 | 50 | 17 | 69 | - | 18 | 33 | 81 | 101 | 26 | 17 | 38 | 66 | 31 | 556 |
| 1973 | 26 | 43 | 38 | 51 | 21 | 14 | 46 | 44 | 67 | 66 | 16 | 49 | 77 | 55 | 613 |
| 1974 | 99 | 83 | 32 | 11 | 6 | 11 | 65 | 128 | 26 | 80 | 33 | 117 | 78 | 129 | 898 |
| 1975 | 75 | 23 | 32 | 40 | 22 | 40 | 39 | 23 | 43 | 38 | 39 | 35 | 54 | 60 | 563 |
| 1976 | 54 | 44 | 39 | 24 | 11 | 2 | 37 | 63 | 26 | 71 | 4 | 21 | 61 | 37 | 494 |
| 1977 | 68 | 25 | 35 | 68 | 38 | 12 | 43 | 121 | 50 | 66 | 17 | 59 | 88 | 34 | 724 |
| 1978 | 61 | 19 | 73 | 18 | 12 | 1 | 55 | 23 | 69 | 68 | 40 | 44 | 58 | 12 | 543 |
| 1979 | 58 | 10 | 45 | 39 | 27 | 4 | 11 | 125 | 117 | 42 | 33 | 34 | 135 | 43 | 713 |
| ka | 55 | 37 | 31 | 39 | 14 | 16 | 39 | 64 | 70 | 39 | 27 | 55 | 69 | 59 | 614 |

seen (335 km^2 , 2,4 %). Pellon osuus vertailuvesistön alueella on noin 40 % kun se Sirppujoen valuma-alueella on noin 20 %. Sirppujoen valuma-alueella savimaita noin 25 % kun Aurajoen alueella niitä on lähes 50 %. Soita on Sirppujoen alueella enemmän kuin Aurajoen alueella, kuitenkin vain noin 15 % (11/, /15/, /12/. Pitkääikaisten kuukausikeskiarvojen mukaan kesäkuun ja marraskuun sadannat ovat molemmille valuma-alueille yhtäsuuret kun taas muina kuukausina Puttakosken valuma-alueen sadanta on ollut vertailuvesistön valuma-alueen sadantaa pienempi /13/ HQ, MHQ ja MQ ovat Hypöistenkoskella vuosien 1970 - 1979 havaintojen perusteella 71; 53 ja $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$ kun vastaavat arvot Puttakoskella ovat 43; 26 ja $3.3 \text{ m}^3/\text{s}$. Ylivirtaamat Hypöistenkoskella ovat siis selvästi Puttakosken ylivirtaamia suuremmat, mikä johtunee erilaisesta järvisyydestä ja peltoalasta sekä mahdollisesti jokiuomien ja valuma-alueiden kaltevuussuhteiden eroista, mutta keskivirtaamat ovat samankokoiset, joten keskivirtaamien suhteen vesistöjä voidaan pitää vertailukelpoisina.

Puttakosken kuukausikeskivirtaamien laskemiseksi on Puttakosken havaittujen kuukausikeskiarvojen ja vastaavien Hypöistenkosken kuukausikeskiarvojen avulla määriteltä regressioanalyysin avulla kuukausikeskivirtaamien riippuvuussuorat kuukausittain. Riippuvuussuorat on piirretty (yhtenäiset viivat) liitteessä 1 oleviin kuviin, joihin on piirretty riippuvuussuorat myös siinä tapauksessa, että riippuvuus olisi suoraan verrannollinen valuma-alueiden pinta-alojen suhteessa (katkoviivat). Liitteessä 1 ilmenevät myös regressiosuorien yhtälöt ja korrelaatiokertoimet. Kuvien ja korrelaatiokertoimien perusteella voidaan todeta, että regressiosuorat kuvaavat virtaamien riippuvuuksia suurilla virtaamilla hyvin ja selvästi paremmin kuin pinta-alojen suhteessa piirretyt suorat. Toisaalta pienillä virtaamilla suorien ja havaintopisteiden suhteellinen virhe kasvaa voimakkaasti tiettyinä kuukausina. Tämä johtuu siitä, että kyseisinä kuukausina virtaamahavainnot ovat olleet pääasiassa suuria, jolloin pienet virtaamat eivät ole sanottavasti vaikuttaneet suoran kulkuun. Esimerkiksi toukokuussa ei ole havaittu ainoatakaan pientä arvoa, mutta osa arvioitavista arvoista on pieniä. Regressiosuorien alkupäät on korjattu

siten, että Hypöistenkosken virtaamien lähestyessä nollaa myös Puttakosken virtaamien on oletettu lähestyvän nollaa. Suorien alkupäät on korjattu joko tehtyjen havaintojen mukaan, mikäli on havaittu pieniä arvoja, tai alkupäät on korvattu pinta-alojen suhteen mukaisella suoralla. Suorien alkupäät ja korjaukset ilmenevät kuvien yhteyteen piirretyistä suurennoksista.

Hajonta kuvien käyrien ympärillä on suurin kesäkuukausina. Syynä tähän ovat ilmeisesti paikalliset kuurosateet, joiden ansiosta sadanta Hypöistenkosken ja Puttakosken valuma-alueilla voi olla hyvin erisuuruinen. Erityisesti elokuun virtaamahavainnot ovat niin vaihtelevat, että niiden perusteella piirretyn suoran korrelaatio (0.59) jää selvästi muita huonommaksi ja käyrän avulla arvioidut virtaamat ovat ilmeisen virheellisiä. Elokuun regressiosuora on korjattu siten, että havaintopisteistä jätettiin huomioimatta ne (3 kpl) joihin sadanta selvästi oli vaikuttanut häiritsevästi. Siten saatiin ns. "normaali-kuukausille" suora, jonka korrelaatioksi tuli 0.986. Elokuun virtaamat Puttakoskessa vuosina 1950 - 1969 on määrätty korjatun regressiosuoran avulla. Vastaavalla menettelyllä syyskuun korrelaatio parani arvosta 0.858 arvoon 0.979.

Säännöstelymääräysten vuoksi toukokuun ja syyskuun keski-virtaamat on laskettu myös puolikuukausittain. Regressiosuorien avulla on määrätty virtaamat 15 - 31.5 ja 1 - 15.9 vuosina 1950 - 1969. Edellisten ja vastaavien kuukausien kokonaisvirtaamien avulla on laskettu 1 - 15.5 ja 16 - 30.9 välisten aikojen virtaamat. Myös syyskuun alkuosan regressiosuora on korjattu jättämällä "virheelliset arvot" huomioimatta.

Puttakosken kuukausi- ja vuosikeskivirtaamat vuosina 1950 - 1979 on koottu liitteeseen 2. Taulukkoon on koottu myös Hypöistenkosken vastaavat vuosivirtaamat. Kuten taulukosta käy ilmi kuvatulla menetelmällä saadut keskivirtaamat ovat keskimäärin yhtäsuuret Hypöistenkosken vastaavien virtaamien kanssa.

Koko altaan tulovirtaama saadaan kertomalla Puttakosken virtaamat valuma-alueiden suhteella 1.38. Taulukosta 8 ilmenevät altaan tulovirtaamat kuukausittain allasmitilimetreiksi muutettuina. Toukokuu ja syyskuu on laskettu taulukkoon puolikuukausittain.

Määrättyjen tulovirtaamien suuruusluokan tarkistamiseksi on Sirppujoen valuma-alueen keskimääräinen valuma laskettu myös alueen sadannan avulla. Valunnan määrittämiseksi on käytetty regressiomallia, jonka mukaan alueen valunta on riippuvainen sadannasta ja sen vuotuisesta jakautumisesta /14/. Alueen keskimääräinen vuosivalunta voidaan laskea kaavasta:

$$Q_v = 133 + 1.00 \cdot P_t + 0.59P_s + 0.35 P_k \text{ jossa}$$

Q_v = vuosivalunta (mm)

P_t = talvi ja kevätsadanta 1.11 - 30.04 (mm)

P_s = syksysadanta 1.08 - 30.10 (mm)

P_k = kesäsadanta 1.05 - 31.07 (mm)

Sirppujoen valuma-alueella on suoritettu sadehavaintoja vuodesta 1967 lähtien. Vuosien 1950 - 1979 keskimääräisten kuukausisadantojen arvioimiseksi on havaitut keskimääräiset kuukausisadannat kerrottu kuukausittain Lyökin korjaamattomien sadehavaintojen vastaavalla suhteella, kaavassa olevat sadantasuureet on korjattu ainoastaan talviajan (1.12 - 31.3) tuulivirheen (noin 20 %) osalta. Vuosien 1950 - 1979 keskimääräiseksi vuosivalunnaksi saadaan siten kaavan avulla $302 \text{ mm} = 9.57 \text{ l/s km}^2$. Havaittujen ja arvioidujen virtaamien perusteella vastaava valuma oli 9.54 l/s km^2 eli vuosivaluma-arviot ovat keskimäärin hyvin tarkkoja.

Kesäaikaisten valuma-arvioiden suuruusluokkaa voidaan verrata Mustosen tekemiin alivalumatutkimuksiin. Mustonen on tutkinut alivaluman vaihteluja pienillä alueilla ja todennut hydrologisen vuoden jakautuvan kahtia siten, että ali-

Taulukko 8

Altaan tulovirtaama allasmillimetreinä kuukausittain vuosina
1950 - 1979

| | I | II | III | IV | V | V | VI | VII | VIII | IX | IX | X | XI | XII | YHT. |
|------|-----|-----|------|------|------|-------|-----|-----|------|------|-------|-----|------|------|------|
| | | | | | 1-15 | 16-31 | | | | 1-15 | 16-30 | | | | |
| 1950 | 30 | 14 | 660 | 1440 | 49 | 11 | 7 | 9 | 12 | 3 | 82 | 470 | 570 | 1000 | 4357 |
| 1951 | 80 | 31 | 18 | 1711 | 111 | 25 | 7 | 18 | 41 | 13 | 13 | - | 97 | 740 | 2905 |
| 1952 | 440 | 117 | 45 | 1005 | 17 | 5 | 7 | 9 | 12 | 7 | 27 | 430 | 377 | 620 | 3118 |
| 1953 | 250 | 100 | 1530 | 870 | 14 | 14 | 39 | 50 | 350 | 74 | 177 | 240 | 290 | 410 | 4408 |
| 1954 | 110 | 31 | 310 | 715 | 201 | 19 | 7 | 266 | 479 | 208 | 1068 | 730 | 1092 | 1750 | 6486 |
| 1955 | 100 | 325 | 18 | 251 | 1399 | 401 | 17 | 9 | 17 | 2 | 7 | 130 | 348 | 320 | 3339 |
| 1956 | 310 | 31 | 380 | 512 | 1097 | 63 | 17 | 9 | 12 | 5 | 4 | 28 | 13 | 380 | 2861 |
| 1957 | 48 | 14 | 18 | 706 | 638 | 102 | 11 | 46 | 160 | 208 | 720 | 910 | 329 | 800 | 4810 |
| 1958 | 125 | 49 | 18 | 522 | 640 | 450 | 59 | 18 | 33 | 7 | 10 | 22 | 79 | 150 | 2182 |
| 1959 | 64 | 83 | 1390 | 957 | 53 | 14 | 28 | 9 | 12 | 5 | 4 | 7 | 35 | 150 | 2811 |
| 1960 | 30 | 14 | 9 | 918 | 131 | 20 | 17 | 39 | 230 | 232 | 68 | 130 | 599 | 1190 | 3627 |
| 1961 | 220 | 460 | 1340 | 338 | 65 | 47 | 28 | 60 | 569 | 58 | 126 | 230 | 686 | 370 | 4597 |
| 1962 | 620 | 514 | 100 | 1895 | 252 | 58 | 59 | 26 | 48 | 126 | 367 | 300 | 377 | 480 | 5222 |
| 1963 | 30 | 31 | 9 | 590 | 197 | 43 | 7 | 9 | 33 | 185 | 19 | 790 | 396 | 230 | 2558 |
| 1964 | 80 | 49 | 9 | 619 | 324 | 56 | 17 | 9 | 12 | 2 | 15 | 110 | 155 | 1130 | 2587 |
| 1965 | 286 | 135 | 83 | 696 | 48 | 35 | 17 | 18 | 72 | 18 | 25 | 36 | 232 | 100 | 1801 |
| 1966 | 30 | 31 | 27 | 648 | 1899 | 51 | 28 | 18 | 23 | 5 | 12 | 252 | 590 | 530 | 4144 |
| 1967 | 120 | 66 | 1450 | 1382 | 208 | 102 | 48 | 18 | 280 | 462 | 186 | 124 | 493 | 240 | 5179 |
| 1968 | 15 | 14 | 1380 | 619 | 129 | 81 | 28 | 26 | 12 | 84 | 109 | 106 | 706 | 330 | 3639 |
| 1969 | 80 | 49 | 18 | 1353 | 149 | 131 | 39 | 18 | 11 | 2 | 16 | 130 | 841 | 190 | 3027 |
| 1970 | 67 | 27 | 74 | 1740 | 809 | 71 | 67 | 60 | 47 | 16 | 20 | 55 | 541 | 760 | 4354 |
| 1971 | 680 | 379 | 121 | 1083 | 90 | 56 | 40 | 12 | 30 | 9 | 6 | 46 | 117 | 460 | 3129 |
| 1972 | 95 | 15 | 27 | 1170 | 352 | 68 | 54 | 161 | 529 | 107 | 53 | 136 | 512 | 750 | 4029 |
| 1973 | 100 | 69 | 374 | 686 | 286 | 51 | 153 | 162 | 53 | 31 | 42 | 147 | 206 | 320 | 2680 |
| 1974 | 530 | 839 | 450 | 1305 | 122 | 44 | 49 | 60 | 152 | 75 | 73 | 922 | 802 | 1460 | 6883 |
| 1975 | 920 | 208 | 165 | 435 | 64 | 40 | 56 | 19 | 13 | 10 | 13 | 34 | 53 | 195 | 2225 |
| 1976 | 79 | 37 | 100 | 1295 | 225 | 65 | 138 | 20 | 18 | 9 | 8 | 10 | 69 | 260 | 2333 |
| 1977 | 31 | 24 | 670 | 1063 | 476 | 444 | 51 | 155 | 63 | 34 | 45 | 280 | 725 | 380 | 4441 |
| 1978 | 66 | 26 | 125 | 1247 | 133 | 97 | 70 | 43 | 63 | 160 | 372 | 250 | 503 | 188 | 3343 |
| 1979 | 73 | 14 | 34 | 1044 | 684 | 136 | 38 | 197 | 400 | 409 | 258 | 270 | 947 | 1010 | 5464 |
| ka | 189 | 127 | 365 | 961 | 362 | 93 | 43 | 52 | 126 | 86 | 131 | 244 | 426 | 546 | 3751 |

valumia on sekä talvella että kesällä. Talvipuolisko on 1.11 - 30.4 ja kesäpuolisko 1.5 - 30.10. Rajakohtina ovat kevät- ja syyslivalumat. Allastutkimuksen yhteydessä on kesäalivalumalla suurempi merkitys, sillä kesällä säännöstelyrajat ovat tiukemmat ja nettotulovalumaan vaikuttava haihdunta on samoin kesällä suurimmillaan. Mustonen on tutkimuksessaan kehittänyt kaavan kesäalivaluman laskemiseksi. Kaava antaa halutun mittaisen alivalumajakson keskimääräisen alivaluman, valuma-alueen olosuhteiden mukaan. Kaava on muotoa

$$MNq = a + b \cdot t + ct^2 \text{ jossa}$$

$$a = 11.28 - 0.915 T7 + 0.195 \cdot Ss + 0.00634 \cdot p = 0.471$$

$$b = (507.2 \cdot 37.88T7 + 2.33 Ss + 0.7741P) 10^3 = 0.00646$$

$$c = (-1704 + 132.8 T7 \cdot 19.3 Ss - 0.603 P) 10^{-6} = 0.0000935$$

$$t = \text{alivalumakauden pituus} = 123 \text{ d}$$

$$T7 = \text{heinäkuun keskilämpötila vuosina 1930 - 1960} = 16.9$$

$$Ss = \text{maastossa mitattu maaston keskikaltevuus} = 5.5$$

$$P = \text{vuosisadanta (indeksisuure, vuosien 1930 - 1960}$$

$$\text{keskiarvo)} = 565$$

$$MNq_{123} = 2.68 \text{ l/s km}^2$$

Kesävalumat 15.5 - 15.9 vuosina 1950 - 1979 olivat keskimäärin 3.02 l/s km^2 . Kesävalumat ovat kesäalivalumia suuremmat, sillä kesävalumat ilmoittavat tietyn aikavälin keskimääräisen valuman ja kesäalivalumat vastaavan pituisen mutta ajallisesti liikkuvan, pienimmän alivalumajakson keskiarvon. Tulokset ovat kuitenkin niin lähellä toisiaan, että 1.5 - 15.9 välisen jakson ja vastaavan pituisen alivalumakauden voidaan olettaa olevan lähes päällekkäin. Kevät-tulvista johtuen alivalumakausi ilmeisesti alkaa keskimäärin hieman valumajakson jälkeen.

Edellä kuvatulle tulovirtaaman määrittämenetelmälle on vaikea esittää tarkkoja virherajoja. Menettelyyn sisältyy monia virhelähteitä, joista keskeisin on riippuvuussuorien

käyttö. Korrelaatiokertoimien perusteella voidaan arvioida, että virtaama-arviot ovat melko tarkkoja, mutta pistejoukon hajonta ilmaisee, että varsinkin pienillä virtaamilla virhe saattaa yksittäisinä kuukausina olla jopa yli 100 %. Pitemmillä jaksoilla keskivirhe kuitenkin on paljon pienempi. Kesäkuukausina hajonta on suurin johtuen poikkeuksellisista sateista, mutta toisaalta kesävirtaamien pienuudesta johtuen virheen merkitys pienenee. Talvella osa jäälle sataneesta lumesta kulkeutuu altaan rannoille ja palaa sulamisaikana valuntana takaisin altaaseen, mutta sen vaikutus altaan nettotulovalunnan jakautumiseen on niin pieni, että sen vaikutus talviaikaiseen sadantaan ja kevätvaluntaan on jätetty huomioimatta. Lisäksi virhelähteenä voidaan pitää sitä, että myös Sirppujoen alajuoksun ja altaan valuma-alueiden valuma-arvona on pidetty Puttakosken yläpuolisen valuma-alueen valuma-arvoa.

Puttakosken joulukuun virtaamat ovat selvästi Hyröistenkosken vastaavia virtaamia suuremmat. Tämä johtunee suureksi osaksi meren vaikutuksesta, sillä pysyvä lumipeite tulee Sirppujoen valuma-alueelle myöhemmin, jolloin joulukuun sadannasta joutuu valuntaan suurempi osa kuin Aura-joella. Tämä näkyy myös lumen vesiarvoissa maaliskuussa.

Vertailutuloksista käy ilmi, että arvioidut virtaama-arvot melko hyvin sopivat yhteen kirjallisuuden avulla arvioitujen arvojen kanssa.

3.3 Haihdunta altaan pinnasta

3.31 Haihduntamäärityksen taustaa

Verrattuna tulovirtaamaan ja sadantaan on todettava, että mahdollisuudet haihdunnan määrittämiseen samalla tarkkuudella ovat vähäiset. Jo normaalin järvihaihdunnan määrittäminen on usein hankalaa ja epätarkkaa ja kun lisäksi otetaan huo-

mioon allasta ympäröivät merelliset olosuhteet ja se seikka, että altaalta ei ole suoritettu käytännössä mitään haihdunnan määrityksessä tarvittavia mittauksia voidaan olettaa, että suurin virhe altaan nettotulovalunnan määrityksessä tehdään juuri haihdunnan kohdalla.

Kuusiston /15/ mukaan keskeisimmät järvihaihduntaan vaikuttavat tekijät ovat:

1. Auringonsäteily. Veden höyrystymislämpö on noin 2 500 J/g. Käytettävissä oleva auringonsäteilyn energia asettaa ylärajan haihdunnalle, joten se on tavallaan tärkein haihduntaan vaikuttava tekijä.
2. Ilman ja veden lämpötila. Veden lämpötilalla on keskeinen merkitys haihduntaan sen vaikuttaessa vesimolekyylien liike-energiaan ja siten niiden siirtymiseen nestefaasista ylläolevaan ilmaan.
3. Ilman vesihöyrynpaine. Haihdunta on suoraan verrannollinen vallitsevaa lämpötilaa vastaavan kyl'ästetyn vesihöyrynpaineen ja vallitsevan vesihöyrynpaineen erotukseen.
4. Tuulen nopeus. Haihdunta on riippuvainen siitä, miten nopeasti vesimolekyylit kulkeutuvat pois pinnan läheisistä ilmakerroksesta. Tuulen nopeuden kasvaessa tämä poiskulkeutuminen tehostuu ja haihdunta kasvaa. Tietyllä tuulen nopeudella saavutetaan kuitenkin raja, jonka jälkeen tuulen nopeuden kasvu ei enää lisää haihduntaa.
5. Järven muoto ja pinta-ala. Haihdunta järven pinnasta pienenee järven pinta-alan kasvaessa. Samoin haihdunta pienenee järvellä tuulenpuoleista rantaa lähestyttäessä, koska ilman vesihöyrynpaine pinnan läheisissä ilmakerroksissa kasvaa. Näin käy siitäkin huolimatta, että tuulen nopeus kasvaa samassa suunnassa. Jos ilman suhteellinen kosteus on jo suojanpuoleisella rannalla kor-

kea, on haihdunnan jakautuma järvellä tasaisempi. Tällöin myös astiahaihdunnan ja järvihaihdunnan suhde on pienempi kuin ilman ollessa kuivaa. On siis merkillepantavaa, että tämä suhde riippuu myös ilman suhteellisesta kosteudesta.

6. Järven syvyys. Matala järvi lämpenee keväällä nopeasti ja haihdunta on suuri jo touko - kesäkuussa. Syvä allas taas lämpenee hitaasti, mutta jäähtyy syksyllä myös hitaammin, joten syys - lokakuun haihdunnat voivat olla vielä melko suuria.
7. Veden laatu. Veden sameus ja epäpuhtaudet voivat vaikuttamalla veden lämpötaseeseen merkittävästikin muuttaa haihduntaolosuhteita.

Makeavesialtaan haihdunta on arvioitu astiamittausten ja aerodynaamisen menetelmän avulla. Vesitasemenetelmän käyttö oli mahdotonta sillä altaan vedenkorkeudet on havaittu vain yhdellä asteikolla, jonka lukematarkkuus on lisäksi huono. Myöskään altaasta mereen jouksutetun virtaaman suuruudesta ja kestoajasta ei ole tarkkoja havaintoja.

3.32 Astiahavainnot

Lounais-Suomen koeasema Mietoisissa on lähin paikka, jossa astiahavainnot tehdään. Koeasemalla on astiahavainnot tehty Class-A-astiasta vuodesta 1960 lähtien.

Eri puolilla maailmaa suoritetuissa tutkimuksissa on todettu, että järven pinnasta tapahtuva haihdunta voidaan määrittää kertomalla Class-A-astian haihdunta luvulla 0.5 - 0.8; keskimäärin kerroin on 0.7. Koska luonnollisessa järvesä tapahtuu lämpöenergian varastoitumista sitä enemmän mitä suurempi järvi on ja mitä suuremmat vuodenaikaiset aurinkosta tulevan energian vaihtelut ovat, astiahaihdunta il-

maisee vain teoreettisen, äärimmäisen matalan järven haihdunnan lyhytaikaisia vaihteluita. Mitä syvempi järvi on sitä myöhemmin tapahtuu sen haihdunta astiaan verrattuna. Esim. syvän Itämeren vesimassaan varastoituva lämpömäärä siirtää haihtumiskuviota noin 6 kk myöhemmäksi. Haihtumisasioiden havaitsemiseen liittyy monenlaisia hankaluuksia ja virhelähteitä mm. veden väri, astian pohjan ja seinämien väri, sateen aiheuttamat mittausvirheet jne. Tästä syystä astiahaihdunta-arvoja onkin pidettävä vain suuntaa antavina kesän haihdunta-oloja kuvaavina indeksilukuna /14/.

Kuusiston arvioiman Pyhäjärven järvihaihdunnan ja Jokioisten astiahaihdunnan suhde vuosina 1958 - 1973 välillä 1.5 - 30.9 oli keskimäärin 0.77. Pyhäjärven ja makeavesialtaan haihduntaolosuhteet poikkeavat toisistaan seuraavasti:

1. Teoreettinen auringonsäteily on sama sillä molemmat sijaitsevat suurin piirtein samoilla leveysasteilla.
2. Altaan veden lämpötiloja ei ole havaittu eikä Pyhäjärvenkään lämpötiloista ole säännöllisiä havaintoja, mutta kuten taulukosta ilmenee, ovat ilman lämpötilat Jokioisissa 1.5 - 31.11 keskimäärin 0.7°C Mietoisten ilman lämpötiloja alhaisemmat.
3. Meren rannalla vallitsevaa lämpötilaa vastaavan kylästäetyn vesihöyrynpaineen ja vallitsevan vesihöyrynpaineen erotus on yleensä pienempi kuin sisämaassa.
4. Tuulen nopeus on yleensä meren rannalla suurempi kuin sisämaassa ja tällä on tiettyyn rajaan asti haihduntaa suurentava vaikutus.
5. Makeavesiallas on Pyhäjärveä pienempi, mutta altaan sijainti meren rannalla aiheuttaa sen, että tuulten puhaltaessa meren yli ilman suhteellinen kosteus jo altaan "suojanpuoleisella" rannalla on korkea. Tämä vai-

kuttaa allashaihduntaa pienentävästi.

6. Altaan keskisyvyys on 4.45 m; Ruotsinvesi on 5.9 m ja Velhovesi 3.2 m syvä. Pyhäjärven keskisyvyys on 5.5 m. Suurin syvyys molemmissa on noin 20 m, joten syvyyden puolesta haihdunnat ovat melko hyvin verrannollisia.
7. Altaan vesi on kirkasta johtuen sulfaattien vaikutuksesta happamassa ja hapekkaassa ympäristössä. Toisaalta myös Pyhäjärvi on melko kirkasvetinen järvi.

Mietoisten astiahaihdunta välillä 1.5 - 30.9 vuosina 1961 - 1975 oli keskimäärin 538 mm ja Jokioisten vastaava keskiarvo oli 544 mm. Astiahaihduntoja voidaan siis pitää keskimäärin samoina ja meren haihduntaa pienentävä vaikutus Mietoisissa jää melko pieneksi; tämä johtunee kuitenkin osaksi taulukosta llilmenevästä Mietoisten keskimäärin korkeammasta lämpötilasta, joka suurentaa Mietoisten astiahaihduntaa. Haihduntaan vaikuttavista tekijöistä tärkein, auringonsäteilyn energia, on molemmissa tapauksissa sama, mutta muiden tekijöiden vaikutuksen selvittämiseksi on makeavesialtaan astiakerroin arvioitu aerodynaamisen menetelmän avulla.

3.33 Aerodynaaminen menetelmä

Suomessa käytetään yleisesti järvihaihdunnan laskemiseen Shuljakovskin kaavaa:

$$E = (0.15 + 0.108 V_2) \cdot (e_0 - e_2) \cdot n \text{ jossa}$$

E = haihdunta (mm/kk)

V_2 = tuulen nopeus 2 m korkeudella (m/s)

e_0 = vallitseva ilman vesihöyrynpaine vedenpinnan lämpötilassa (mb)

e_2 = vallitseva ilman vesihöyrynpaine 2 m korkeudella (mb)

n = kuukauden päivien lukumäärä

Kaavassa on käytetty suureiden e_0 , e_2 ja V_2 kuukausikeskiarvoja, vaikka se alunperin on kehitetty vuorokausiarvoille. Kuusiston mukaan Pyhäjärvellä kaava antoi 5 - 10 % suuremmat tulokset kuukausikeskiarvoilla kuin päiväarvoja käytettäessä. Tuloksen yleispätevyyttä ei kuitenkaan voitu pienen vertailuaineiston perusteella todentaa.

Menetelmän soveltaminen makeavesialtaalle on hyvin epätarkkaa, sillä suureista e_2 ja v_2 ei ole tehty suoranaisia havaintoja makeavesialtaalla lainkaan ja pintaveden lämpötilahavainnotkin ovat puuttelliset ja lyhytaikaiset. Suureiden e_2 ja v_2 arviointi on suoritettu läheisten säähavaintoasemien mittausten perusteella ja pintaveden lämpötilat on arvioitu makeavesialtaan ja Pyhäjärven lämpötilahavaintojen avulla. Havaintoasemien havainnot on saatavissa koko 1960 ja 1970 luvulta, mutta koska pintavedenlämpötilahavaintoja on suoritettu makeavesialtaalla ja Pyhäjärvellä vain vuosina 1971 ja 1972 ja pitempiä aikaisten kaavahaihduntojen määrittäminen on siten mahdotonta, on kyseisten vuosien kaavahaihdunnat altaalla laskettu ja niitä on verrattu vastaaviin Pyhäjärven haihduntoihin makeavesialtaan astiaker-toimen määrittämiseksi.

Mietoisten havaintoasema sijaitsee rannikolla noin 40 km allasalueesta etelään ja Kuuskajaskari sijaitsee saarella noin 30 km allasalueesta pohjoiseen. Havaintoasemien sijainnista johtuen voidaan olettaa, että altaan olosuhteet ovat lähellä havaintoasemien olosuhteiden keskiarvoa.

Tuulen nopeus on mitattu Mietoisissa 15 m ja Kuuskajaskarilla 17 m korkeudella. Koska tuulen nopeus Pyhäjärvellä 2 m korkeudella on Kuusiston mukaan ollut suurempi kuin Jokioisissa 30 m korkeudella voitaneen olettaa, että Mietoisissa havaittu tuulen nopeus on pienempi kuin tuulen nopeus 2 m korkeudella altaan pinnasta. Toisaalta koska Kuuskajaskari on yksinäinen ulkosaari voitaneen olettaa, että tuulen nopeus Kuuskajaskarilla 17 m korkeudella on

suurempi kuin altaalla 2 m korkeudella. Kun lisäksi otetaan huomioon havaintoasemien sijainti voidaan tarkempien arvojen puuttuessa olettaa altaan tuulen nopeuksiksi sääasemahavaintojen keskiarvot (taulukko 9)

Taulukko 9

Mietoisten ja Kuuskajaskarin tuulen nopeudet (m/s) kuukausittain vuosina 1971 ja 1972

| 1971 | VI | VII | VIII | IX | 1972 | VI | VII | VIII | IX |
|---------------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|------|
| Mietoinen | 2,8 | 2,7 | 3,2 | 2,5 | | 2,2 | 2,0 | 2,6 | 2,4 |
| Kuuskajaskari | 5,1 | 5,0 | 5,6 | 5,5 | | 4,2 | 3,5 | 2,8 | 2,7 |
| ka | 3,95 | 3,85 | 4,4 | 4,0 | | 3,2 | 2,75 | 2,7 | 2,55 |

Vallitseva ilman vesihöyrynpaine on niinikään laskettu sääasemahavaintojen keskiarvona (taulukko 10).

Taulukko 10

Mietoisten ja Kuuskajaskarin ilman vesihöyrynpaine (mb) kuukausittain vuosina 1971 ja 1972

| 1971 | VI | VII | VIII | IX | 1972 | VI | VII | VIII | IX |
|---------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| Mietoinen | 10,7 | 13,6 | 14,2 | 9,9 | | 13,9 | 17,6 | 15,6 | 11,1 |
| Kuuskajaskari | 11,0 | 13,7 | 14,7 | 10,5 | | 13,4 | 17,3 | 15,5 | 11,1 |
| Ka | 10,85 | 13,65 | 14,45 | 10,2 | | 13,65 | 17,45 | 15,55 | 11,1 |

Verrattaessa Sevölan /3/ mukaisia makeavesialtaan pintaveden lämpötiloja Kuusiston ilmoittamiin Pyhäjärven lämpötiloihin kesällä 1971 ja 1972 voidaan todeta, että lämpötilat vaihtelevat kuukausittain ja vuosittain, mutta ovat keskimäärin samat 1.6 - 30.10 välisenä aikana. Lämpötilaeroista voidaan todeta, että kesäkuussa ja heinäkuussa altaan pintaveden lämpötilat ovat alhaisempia sekä elo-, syys- ja loka-kuussa korkeampia kuin Pyhäjärven vastaavat lämpötilat. Ero

johtunee suureksi osaksi meren vaikutuksesta. Käyttämällä altaalla havaittuja lämpötiloja haihduntakuvion huippu altaalla siirtyy noin kuukautta myöhemmäksi kuin käyttämällä Pyhäjärven arvoja. Allashavaintoja tarkasteltaessa on kuitenkin muistettava, että Pyhäjärven lämpötilat on mitattu haihdunnanmäärittystä silmälläpitäen ja että altaan pintaveden lämpötilat on mitattu sulkuportilta, jolloin ne kuvaavat hyvin Ruotsinveden pintalämpötiloja, mutta pinta-alaltaan suuremman, matalan Velhoveden lämpötilasta ei ole havaintoja. Ilman lämpötilan vaikutus heijastuu nopeammin pintaveden lämpötiloissa Velhovedellä. Tämän johdosta voidaan olettaa, että koko makeavesialtaan haihduntakuvion huippu on Ruotsinveden ja Pyhäjärven arvoille saatujen huippujen välissä.

Makeavesialtaan ja Pyhäjärven ilman lämpötilojen vertailemiseksi on taulukkoon 11 koottu Mietoisten ja Jokioisten ilman lämpötilojen kuukausikeskiarvot ja niiden erotus vuosina 1930 - 1960. Kuten taulukosta ilmenee on Mietoisten lämpötila keskimäärin Jokioisten lämpötilaa korkeampi koko jakson 1.5 - 30.11, erotuksen ollessa keskimäärin 0.72°C .

Taulukko 11

Mietoisten ja Kuuskajaskarin ilman lämpötilojen kuukausikeskiarvot vuosina 1930 - 1960

| 1930 - 1960 | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | ka |
|-------------|-----|------|------|------|-------------|-----|-----|-------|
| Mietoinen | 8,9 | 13,8 | 17,1 | 15,7 | 10,6 | 5,4 | 1,0 | 10,36 |
| Jokioinen | 8,8 | 13,5 | 16,4 | 14,7 | 9,8 | 4,3 | 0,0 | 9,64 |
| erotus | 0,1 | 0,3 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 0,72 |
| | | | | | <u>0,58</u> | | | |

Taulukkoon 12 on koottu Pyhäjärven ja makeavesialtaan pintaveden havaitut lämpötilat vuosina 1971 ja 1972. Makeavesialtaan kaavahaihdunnat vuosina 1971 ja 1972 on laskettu käyttämällä Pyhäjärven vastaavan ajankohdan pintalämpötilo-

ja ja niitä vastaavat kyllästetyn vesihöyrynpaineet on luettu taulukosta (esim. CRC Handbook of Chemistry and Physics osa D). Pyhäjärven lämpötilojen käyttämistä puoltaa se, että ne perustuvat tarkkoihin päivittäisiin havaintoihin ja että allashavainnot eivät kuvaa koko altaan lämpötiloja ja lämpötilan kehitystä.

Taulukko 12

Pyhäjärven ja makeavesialtaan pintaveden havaitut lämpötilat vuosina 1971 ja 1972

| | Pyhäjärvi | | Makeavesiallas | |
|------|-----------|-------|----------------|-------|
| | 1971 | 1972 | 1971 | 1972 |
| VI | 15,4 | 16,1 | 13,2 | 9,0 |
| VII | 18,0 | 21,3 | 16,2 | 19,2 |
| VIII | 17,4 | 18,9 | 19,0 | 20,3 |
| IX | 11,9 | 13,1 | 14,8 | 16,1 |
| X | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 9,3 |
| ka | 13,60 | 15,12 | 13,88 | 14,78 |
| ke | 14,36 | | 14,33 | |

(epätarkkoja)

Allashaihdunnaksi saatiin Shuljakovskin kaavan avulla 1.6 - 30.9 välisenä aikana vuonna 1971 409 mm ja vuonna 1972 314 mm. Vastaavasti haihdunnat Pyhäjärvellä vuosina 1971 ja 1972 olivat 504 mm ja 344 mm, joten makeavesialtaan kaavahaihdunta oli kyseisinä kesinä keskimäärin 0.85 kertaa samanlainen Pyhäjärven haihdunta. Koska Pyhäjärven haihdunnan ja Jokioisten astiahaihdunnan suhde vuosina 1960 - 1973 välillä 1.5 - 30.9 oli keskimäärin 0.76 ja Jokioisten astiahaihdunnan suhde Mietoisten astiahaihduntaan vastaavana ajankohdana oli 1.04 saadaan altaan kaavahaihdunnan ja Mietoisten astiahaihdunnan suhteeksi $0.85 \cdot 0.76 \cdot 1,04 = 0.67$. Luku on keskimäärin oikea mikäli pintaveden lämpötilat ovat altaalla ja Pyhäjärvellä keskimäärin samat, mutta kuten taulu-

kosta 10 ilmenee voidaan ilman lämpötiloja rannikolla pitää keskimäärin sisämaan lämpötiloja korkeampina. Edelleen Ruotsinveden lämpötilojen ollessa samansuuruiset Pyhäjärven lämpötilojen kanssa voidaan olettaa makeavesialtaan lämpötilojen keskimäärin olevan Pyhäjärven lämpötiloja suuremmat. Korjaamalla astiakertoimen arvoksi 0.7 jää pintalämpötilavirheen vaikutukseksi $0.03 \cdot 534 \text{ mm} = 16 \text{ mm}$, (534 mm on Mietoisten keskimääräinen astiahaihdunta), joka vastaa 1.5 - 30.9 välisenä aikana noin 0.15°C keskimääräistä lämpötilavirhettä.

Allasta vastaavan merialueen haihdunta olisi huomattavasti pienempi, sillä meriveden sekoittumismahdollisuuden myötä pintaveden lämpötilat seuraavat huomommin ilman lämpötiloja ja jo keskimäärin 1°C pintaveden lämmön aleneminen pienentää haihduntaa 1.5 - 30.9 välisenä aikana noin 100 mm, jolloin astiakerroin pienenesi jo arvoon 0.52 ja 1.5 - 30.9 välinen haihdunta olisi keskimäärin alle 300 mm.

Koska astiahavaintoja on tehty vain 1.5 - 30.9 välisenä aikana on 1.10 - 30.4 välisen ajan haihdunta arvioitava muulla tavoin. Esim. Kuusisto on arvioinut joului-, tammi- ja helmikuun haihdunnaksi 5 mm/kk, maaliskuulle 10 mm ja huhtikuulle 15 mm. Lokakuun haihdunta oli Kuusiston mukaan Pyhäjärvellä vuosina 1938 - 1973 keskimäärin 29 mm ja marraskuun haihdunta oli samalla aikavälillä keskimäärin 19 mm /15/. Koska haihdunta välillä 1.10 - 30.4 on suuruudeltaan vain murto-osa vuotuisesta haihdunnasta ja siinä vaihtelu lisäksi on kesähaihduntojen vaihtelua pienempi on kyseisen välin haihdunta arvioitu makeavesialtaalla vakioksi seuraavasti:

| | |
|-------------|-------|
| lokakuu | 30 mm |
| marraskuu | 20 mm |
| joulukuu | 5 mm |
| tammikuu | 5 mm |
| helmikuu | 5 mm |
| maaliskuu | 10 mm |
| huhtikuu | 15 mm |
| 1.10 - 30.4 | 90 mm |

Kuusiston mukaan touko - syyskuun järvihaihdunta vuosina 1958 - 1973 oli keskimäärin 0.77 kertaa vastaavan ajan astiahaihdunta, mutta astiakerroin ei ollut vakio, vaan vaihteli kuukausittain seuraavasti: 0.23; 0.67; 0.83, 1.06 ja 1.62 /15/. Mikäli arvioidaan altaalta tapahtuvan haihdunnan suuruudeksi 0.7 kertaa astiahaihdunta ja astiakertoimien suhde samaksi saadaan altaalle kuukausittaiset astiakertoimet: 0.21; 0.61; 0.73; 0.96 ja 1.47.

Määritettyjen astiakertoimien ja kuukausihaihduntojen suurimpana virhelähteenä voidaan pitää sitä, että ne perustuvat Pyhäjärven vastaaviin lukuihin kun jokaisella järvellä kuitenkin on oma sille ominainen haihdunta ja sen kuukausittainen jakautuminen. Toukokuun haihdunnan suhteellinen osuus kokonaishaihdunnasta makeavesialtaalla on arvioitu yhtä suureksi Pyhäjärvellä havaitun vastaavan osuuden kanssa. Todellisuudessa toukokuun haihdunta ilmeisesti on arvioitua pienempi, mutta virhe on vähäinen johtuen toukokuun haihdunnan pienuudesta. Kesä - syyskuun haihdunta-arviot perustuvat oletukselle, että makeavesialtaan pintaveden lämpötilat vastaavat Pyhäjärven lämpötiloja vastaavana aikana, mutta todellisuudessa lämpötilat ovat keskimäärin samansuuruiset vasta hieman pitemmällä aikavälillä. Kaikenkaikkiaan voidaan arvioida, että kokonaishaihdunnan suuruus on oikea, mutta kokonaisastiakerroin on arvioitu liian suureksi ja vastaavasti loka - marraskuun haihdunta liian pieneksi. Kuukausittaisista astiakertoimista touko-, kesä- ja heinäkuun kertoimet lienevät liian suuret ja vastaavasti elo- ja syyskuun kertoimet on arvioitu liian pieniksi. Vuotuisen nettotulovalunnan kannalta virheellä ei ole merkitystä, mutta kesäaikainen 1.5 - 15.9 haihdunta ilmeisesti arvioidaan liian suureksi vaikka elokuu ja syyskuun alkupuoli osaltaan jo korjaavat virhettä 15.9 mennessä. Joka tapauksessa astiakertoimet ja kuukausiarviot antanevat oikeaa suuruusluokkaa olevan haihdunnan ja todellisemman kuvan haihdunnan jakautumisesta kuin mitä saataisiin kertomalla astiakertoimet kuukausittain 0.7:llä.

Sadanta ja tulovirtaama on arvioitu vuosina 1950 - 1979 mutta astiahavaintoja on tehty vasta vuodesta 1960 lähtien, joten haihdunta 1.5 - 30.9 välisenä aikana vuosina 1950 - 1959 on arvioitu muulla tavoin. Indeksisuureeksi on valittu Pyhäjärven haihdunta. Vuosien 1950 - 1959 Pyhäjärven haihdunnat 1.5 - 30.9 välisenä aikana on kerrottu kertoimella 0.89 ($= 0,85 + \text{lämpötilakorjaus } 0.04$) ja näin saadut haihdunnat on jaettu kuukausittain samassa suhteessa kuin vuosien 1960 - 1979 haihdunnat ovat jakaantuneet. Arvioidut haihdunnat kuukausittain vuosina 1950 - 1979 on koottu taulukkoon 13. Toukokuun ja syyskuun haihdunnat on arvioitu puolikuukausittain johtuen nykyisistä säännöstelyrajoista. Kyseisten kuukausien astiakertoimia ei ole muutettu vaan haihduntaerot kuukauden eri osina johtuvat vastaavista astiahaihduntaeroista.

3.34 Suoritetun haihduntamäärityksen tarkkuus

Haihdunnan määrityksessä on useita virhelähteitä, joista tärkeimpinä mainittakoon tuulen nopeuden ja ilman kosteuden määrittystavat, pintaveden lämpötilamittausten epätarkkuus, astiahaihduntojen ja astiakertoimien käyttö sekä kiinteät kuukausihaihdunnat, jotka eivät ota huomioon vuosittain vaihtuvia olosuhteita.

Eri virheiden suuruuden ja suunnan selvittämiseksi altaalle tulisi perustaa havaintoasema, jonka avulla tulisi selvittää altaan sadannan, tuulen nopeuden ja ilman kosteuden suhte läheisten havaintoasemien vastaaviin arvoihin ainakin yhden kesän aikana. Lisäksi altaalla tulisi havaita pintaveden lämpötilat päivittäin ainakin kahdessa paikassa (Ruotsinvesi, Velhovesi). Haihdunta-arvioiden tarkistamiseksi vesitasemenetelmien avulla tulisi altaasta purkautuvat ja pumpattavat vesimäärät mitata ja vedenkorkeusasteikkojen lukematarkkuutta lisätä ja määrä nostaa kolmeen pinnankallistusten havaitsemiseksi.

Taulukko 13

Haihunta makeavesialtaan pinnasta kuukausittain vuosina
1950 - 1979

| | I | II | III | IV | V | V | VI | VII | VIII | IX | IX | X | XI | XII | 15.5- 15.9 | 1.5- 30.9 | koko vuosi |
|------|---|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|----|----|----|----|-----|---------------|--------------|---------------|
| 1950 | | | | | 9 | 13 | 84 | 88 | 95 | 35 | 24 | | | | 316 | 349 | 439 |
| 1951 | | | | | 8 | 11 | 74 | 78 | 84 | 31 | 21 | | | | 278 | 307 | 397 |
| 1952 | | | | | 10 | 14 | 90 | 95 | 102 | 38 | 26 | | | | 339 | 375 | 465 |
| 1953 | | | | | 11 | 15 | 95 | 100 | 108 | 40 | 27 | | | | 358 | 396 | 486 |
| 1954 | | | | | 8 | 11 | 74 | 78 | 84 | 31 | 21 | | | | 278 | 307 | 397 |
| 1955 | | | | | 13 | 18 | 116 | 122 | 132 | 49 | 33 | | | | 438 | 484 | 574 |
| 1956 | | | | | 9 | 13 | 82 | 86 | 93 | 34 | 24 | | | | 308 | 341 | 431 |
| 1957 | | | | | 10 | 13 | 86 | 90 | 97 | 36 | 25 | | | | 322 | 357 | 447 |
| 1958 | | | | | 9 | 13 | 82 | 86 | 92 | 34 | 24 | | | | 307 | 340 | 430 |
| 1959 | | | | | 14 | 20 | 127 | 134 | 144 | 54 | 37 | | | | 479 | 530 | 620 |
| 1960 | | | | | 9 | 17 | 94 | 92 | 84 | 41 | 38 | | | | 328 | 375 | 465 |
| 1961 | | | | | 7 | 13 | 86 | 80 | 88 | 34 | 34 | | | | 301 | 342 | 432 |
| 1962 | | | | | 9 | 9 | 90 | 80 | 84 | 34 | 22 | | | | 297 | 328 | 418 |
| 1963 | | | | | 12 | 15 | 79 | 119 | 115 | 32 | 16 | | | | 363 | 388 | 478 |
| 1964 | 5 | 5 | 10 | 15 | 8 | 17 | 92 | 119 | 91 | 40 | 24 | 30 | 20 | 5 | 359 | 391 | 481 |
| 1965 | | | | | 14 | 15 | 101 | 88 | 73 | 34 | 22 | | | | 311 | 347 | 437 |
| 1966 | | | | | 11 | 16 | 97 | 133 | 104 | 31 | 26 | | | | 381 | 418 | 508 |
| 1967 | | | | | 7 | 10 | 79 | 115 | 84 | 37 | 25 | | | | 325 | 357 | 447 |
| 1968 | | | | | 7 | 10 | 109 | 98 | 108 | 38 | 21 | | | | 363 | 391 | 481 |
| 1969 | | | | | 9 | 13 | 95 | 105 | 177 | 34 | 15 | | | | 424 | 448 | 538 |
| 1970 | | | | | 13 | 11 | 102 | 66 | 79 | 28 | 21 | | | | 286 | 320 | 410 |
| 1971 | | | | | 11 | 11 | 85 | 98 | 95 | 35 | 28 | | | | 324 | 363 | 453 |
| 1972 | | | | | 11 | 11 | 70 | 84 | 91 | 34 | 18 | | | | 290 | 319 | 409 |
| 1973 | | | | | 8 | 10 | 84 | 110 | 107 | 32 | 25 | | | | 343 | 376 | 466 |
| 1974 | | | | | 12 | 14 | 89 | 74 | 84 | 38 | 21 | | | | 299 | 332 | 422 |
| 1975 | | | | | 11 | 12 | 84 | 134 | 153 | 57 | 41 | | | | 440 | 492 | 582 |
| 1976 | | | | | 10 | 18 | 87 | 101 | 163 | 78 | 51 | | | | 447 | 508 | 598 |
| 1977 | | | | | 7 | 14 | 83 | 71 | 92 | 43 | 24 | | | | 303 | 334 | 424 |
| 1978 | | | | | 9 | 17 | 85 | 80 | 77 | 28 | 18 | | | | 287 | 314 | 404 |
| 1979 | | | | | 5 | 17 | 106 | 60 | 84 | 34 | 25 | | | | 301 | 331 | 421 |
| ka | 5 | 5 | 10 | 15 | 10 | 14 | 90 | 95 | 102 | 38 | 26 | 30 | 20 | 5 | 339 | 375 | 465 |

Saatujen tulosten perusteella tulisi myöskin tarkistaa ja korjata käytetyt astiakertoimet ja loka - marraskuun haihdunnat. Haihduntakuviosta mainittakoon, että Pyhäjärvellä haihduntakuvioiden huippu sattuu Kuusiston mukaan keskimäärin heinäkuulle, mutta allashaihdunnan huippu on arvioiden mukaan elokuussa vaikka astiakertoimet on määrätty samassa suhteessa. Tämä johtuneesi siitä, että ilman lämpötilaerosta johtuva kokonaisastiakertoimen korjaus painottuu kuukausikertoimien suuruuseroista johtuen loppukesälle ja lisäksi altaan haihdunnat on arvioitu Mietoisten astiahaihdunnasta, joihin jo osaksi vaikuttaa meren haihduntakuviota siirtävä vaikutus. Alkukesän haihdunta on kuitenkin ilmeisesti arvioitu liian suureksi ja loka - marraskuun haihdunta vastavasti liian pieneksi. Laskentatarkkuus huomioonottaen tällä ei kuitenkaan liene merkitystä altaan nettotulovaluontojen arvioinnissa.

Suoritetun haihduntamäärityksen tarkkuuden selvittämiseksi tarkastellaan altaan vesitasetta tiettyinä ajankohtina jolloin vesitaseeseen vaikuttavien tekijöiden suuruudet ovat tiedossa.

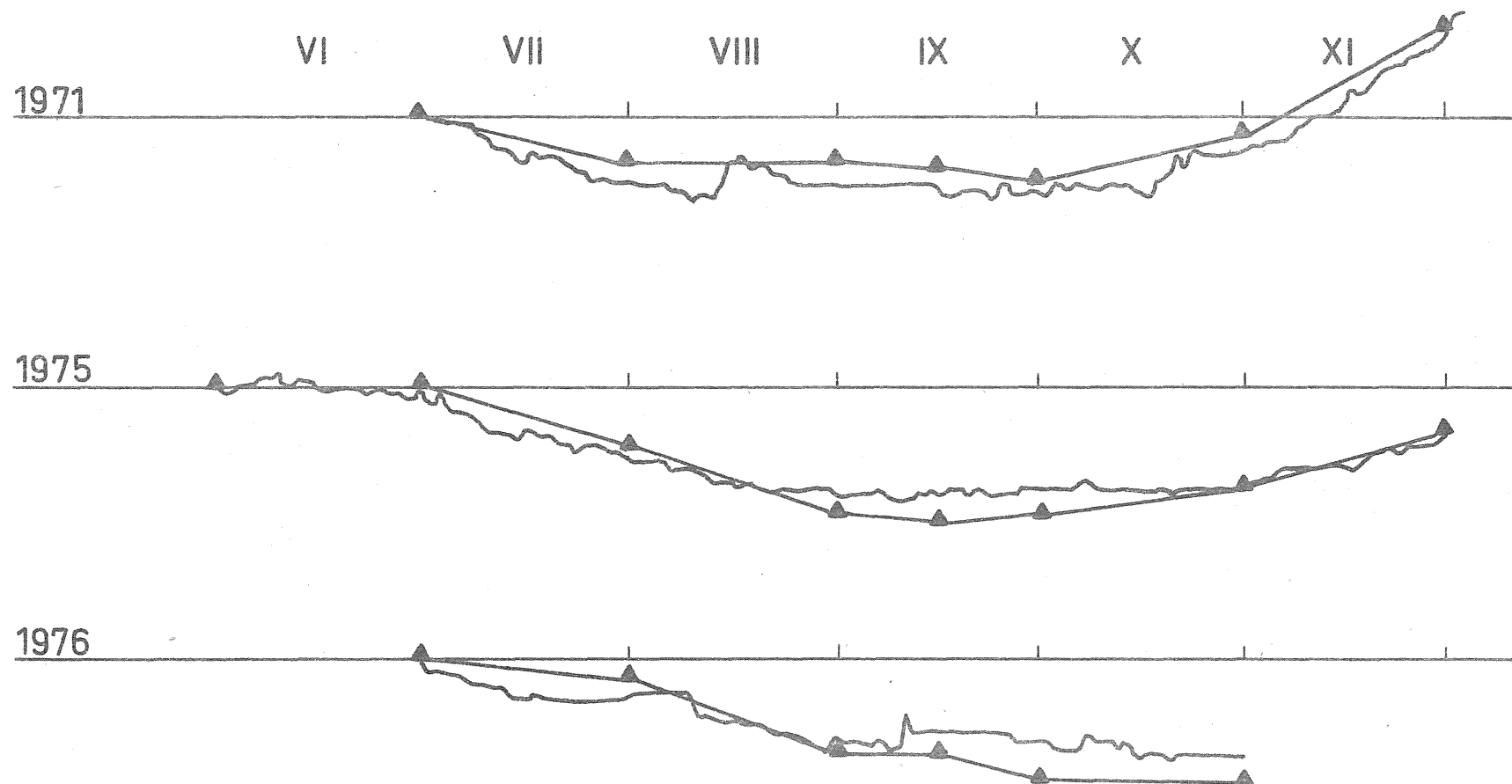
Altaasta mereen juoksutettuja vesimääriä ei ole mitattu eikä porttien aukioloajoista ole tarkkoja tietoja, sillä portit sulkeutuvat automaattisesti vedenpintojen tasoittuessa. Tämän johdosta altaan vesitase on pystytty määrittämään vain niinä ajanjaksoina, jolloin altaan pinta on pitempiä yhtämittaisia kausia merivedenpinnan alapuolella ja juoksutus mereen on siis mahdotonta. Nettotulovaluntaan vaikuttavat tekijät on ilmoitettu kuukausikeskiarvoina ja siten myös haihdunta on arvioitava kalenterikuukausittain. 1970-luvulla on kolme jaksoa joina haihdunnan suuruutta voidaan tarkastella: 1.7 - 30.11 1971; 1.6 - 30.11 1975 ja 1.7 - 31.10 1976. Muina vuosina tarkastelujakso olisi jäänyt huomattavasti lyhyemmäksi.

Kuvaan 3 on piirretty kyseisten ajanjaksojen havaitut ja

nettotulovalunnan avulla arvioidut pinnankorkeuskäyrät edellyttäen molempien lähtötaso samaksi. Vuonna 1971 on heinäkuun haihdunta arvioitu liian pieneksi kun taas muiden kuukausien haihdunnat on arvioitu oikein. Vuonna 1975 on kesäkuun haihdunta arvioitu liian pieneksi, elokuun haihdunta liian suureksi, lokakuun haihdunta liian pieneksi ja muiden kuukausien haihdunta-arviot ovat oikein. Vuoden 1976 heinäkuun haihdunta on arvioitu liian pieneksi, elokuun ja syyskuun haihdunta liian suureksi ja lokakuun haihdunta on arvioitu oikein. Tämän suppean virhearvioinnin perusteella pitempiaikaiset kokonaishaihdunnat on arvioitu oikein mutta yksittäisinä kuukausina saattaa virhe olla suuruusluokkaa ± 30 mm.

Käyriä tarkasteltaessa on kuitenkin muistettava pinnankorkeushavaintoihin liittyvät virhelähteet kuten käyrästön lukemataarkkuus ± 5 mm, piirturissa ilmenneet toimintahäiriöt ja koska säännöllisesti havaittuja asteikkoja on vain yksi saattaa tuulen pintaa kallistava vaikutus olla useita kymmeniä millimetrejä. Esimerkiksi 9.8.1976 altaan pinta laski piirturin mukaan 40 mm vuorokaudessa ajankohtana jolloin altaan pinta oli merivedenpintaa alempana eikä juoksupintasta siis voinut tapahtua. Altaan tulovirtaama oli kyseisenä ajankohtana suurempi kuin vedenotto joten selittäviksi tekijöiksi jäävät ainoastaan haihdunta, havaintovirhe ja tuulen vaikutus. Haihdunta on suuruusluokaltaan alle 10 mm/d joten tuulen vaikutukseksi ja havaintovirheeksi jää yli 30 mm. Mahdollisista vuodoista voidaan mainita, että joko altaasta tai altaaseen tapahtuva vuoto 35 l/s muuttaa altaan pintaa 10 mm neljässä kuukaudessa. Todellinen tulovirtaama sattuu usein ajallisesti hieman arvioidun tulovirtaaman jälkeen, sillä tulovirtaaman arvioinnit perustuvat Puttakosken virtaamiin, jotka voivat olla vasta seuraavan päivän allas-tulovirtaamia.

Ottaen huomioon vesitasemenetelmän laskemiseen vaikuttavat virhetekijät voidaan haihdunta-arvioiden suuruusluokkaa pitää oikeana.



Kuva 3. Arvioidut ja havaitut pinnankorkeuksien kehitykset makeavesialtaalla 1971, 1975 ja 1976

▲ —▲ arvioitu pinnankorkeus
 — todellinen pinnankorkeus

3.4 Nykyisen altaan nettotulovalunta ja altaasta saatavissa oleva vesimäärä

Altaan nettotulovaluntaa laskettaessa on tulovirtaama muutettu allasmillimetreiksi, joten kaikki nettotulovaluntaan vaikuttavat tekijät ovat yhteismitallisia. Taulukkoon 14 on laskettu makeavesialtaan nettotulovalunnat kuukausittain vuosina 1950 - 1979. Koska nykyisten säännöstelymääräysten mukaan altaan pinnankorkeuden vaihteluväli on kesällä 15.5 - 15.9 välisenä aikana vain 35 cm ja muulloin 70 cm, on taulukkoon laskettu myös kesäaikainen ja vuotuinen nettotulovalunta. Kuten taulukosta ilmenee on kesäaikainen nettotulovalunta keskimäärin vain 7,5 % vuotuisesta nettotulovalunnasta vaikka kyseisen jakson pituus on 4 kk.

Jotta altaasta saatava vesimäärä olisi suurin mahdollinen, on altaan säännöstely hoidettava siten, että altaan pinta on 15.5 säännöstelyvälin ylärajalla tai mahdollisimman lähellä sitä. Suurin altaasta tasaisella vuotuisella vedenotolla saatavissa oleva vesimäärä saadaan etsimällä se vedenotto, joka kuivimpana kesänä pudottaa altaan pinnan säännöstelyvälin alarajalle 15.9 mennessä. Saatavissa olevan vesimäärän selvittämiseksi on liitteessä 3 laskettu altaan pinnankorkeudet kumulatiivisesti kalenterikuukausien viimeisinä päivinä, vuotuisilla vedenotoilla 5.15 ja 23.7 milj. m³/a, vuosina 1950 - 1979, mikäli allas olisi ollut olemassa koko kyseisen jakson ajan. Ympärivuotinen laskenta on suoritettu vain vedenotolle 23.7 milj. m³/a. Taulukkoa laskettaessa on huhtikuun suurten nettotulovirtaamien johdosta oletettu, että altaan pinta on ollut vuosittain 1.5 säännöstelyvälin ylärajalla ja että mikäli altaan nettotulovalunta vedenotosta huolimatta olisi nostanut altaan pinnan ylärajan yläpuolelle niin ylimääräinen vesi on oletettu juoksutetuksi mereen, jolloin vedenpinta on kuukauden lopussa ollut ylärajalla. Luku 0 tarkoittaa taulukossa säännöstelyvälin ylärajaa ja muut luvut ilmaisevat pinnankorkeuden ylärajas-

ta alaspäin millimetreinä. Menetelmän virhelähteistä voidaan nettotulovalunnan määritysvirheiden lisäksi mainita nettotulovalunnan ajallisesta jakautumisesta johtuvat virheet. Esimerkiksi haihdunnan painottuminen kuukauden alkuun saattaa pudottaa altaan pinnan viimeisen päivän tason alapuolelle - toisaalta sadannan ja tulovirtaaman painottuminen kuukauden alkuun saattaa aiheuttaa kokonaisnettotulovaluntaan verrattuna liian suuren juoksutuksen mereen, jolloin altaan pinta kuun lopussa on arvioitua alempana. Merivedenpinnan korkeustaso saattaa estää juoksutuksen ja siten nostaa altaan pinnan 0-tason yläpuolelle. Suurin tutkittu vedenotto 23.7 milj. m³/a vastaa suurinta vesioikeuden luvan mukaista eli 65 000 m³/d.

Kuten liitteestä 3 ilmenee altaan pinta putoaa alarajalle huomattavasti pienemmällä tasaisella vedenotolla kesällä kuin talvella. Talviaikaisella nettotulovalunnalla onkin merkitystä lähinnä ylivuotisen säännöstelyn kannalta. Jotta ylivuotiselta säännöstelyltä välttyään on vuotuisen vedenoton oltava vuotuista nettotulovaluntaa pienemmän ja tarkastelujaksoksi on kalenterivuoden sijasta, pinnankorkeusmääräysten ajoittumisen johdosta valittava 16.5 alkava vuosi.

Taulukkoon 15 onkin laskettu altaan vuosittaiset nettotulovalunnat 16.5 - 15.5 vuosina 1950 - 1979. Vuotuiset vaihtelut ovat suuret - suurin arvo 7 711 mm, pienin 1 175 mm ja keskiarvo 3 813 mm. Pienin havaittu nettotulovalunta 1 175 mm/a (43,5 milj. m³/a) on lähes kaksinkertainen suurimpaan pumpattavaan vesimäärään nähden, joten ylivuotiseen säännöstelyyn ei nykyisellä makeavesialtaalla jouduttane lainkaan nykyisen vedenotto-oikeuden mukaisella vedenotolla. Nettovuosisivaluntojen keskihajonta on 1 350 mm, vaihtelukerroin C_v on 0.35 ja vinouskerroin C_g on 0.70. Kuvassa 4 on esitetty vuotuisten nettotulovaluntojen toistuvuus. Kuvan mukaan pienimmän havaitun nettotulovalunnan toistumisaika on huomattavasti pitempi kuin 30 vuotta. Ylivuotiseen sään-

Taulukko 14

Makeavesialtaan kuukausittainen nettotulovalunta (mm) vuosina 1950 - 1979

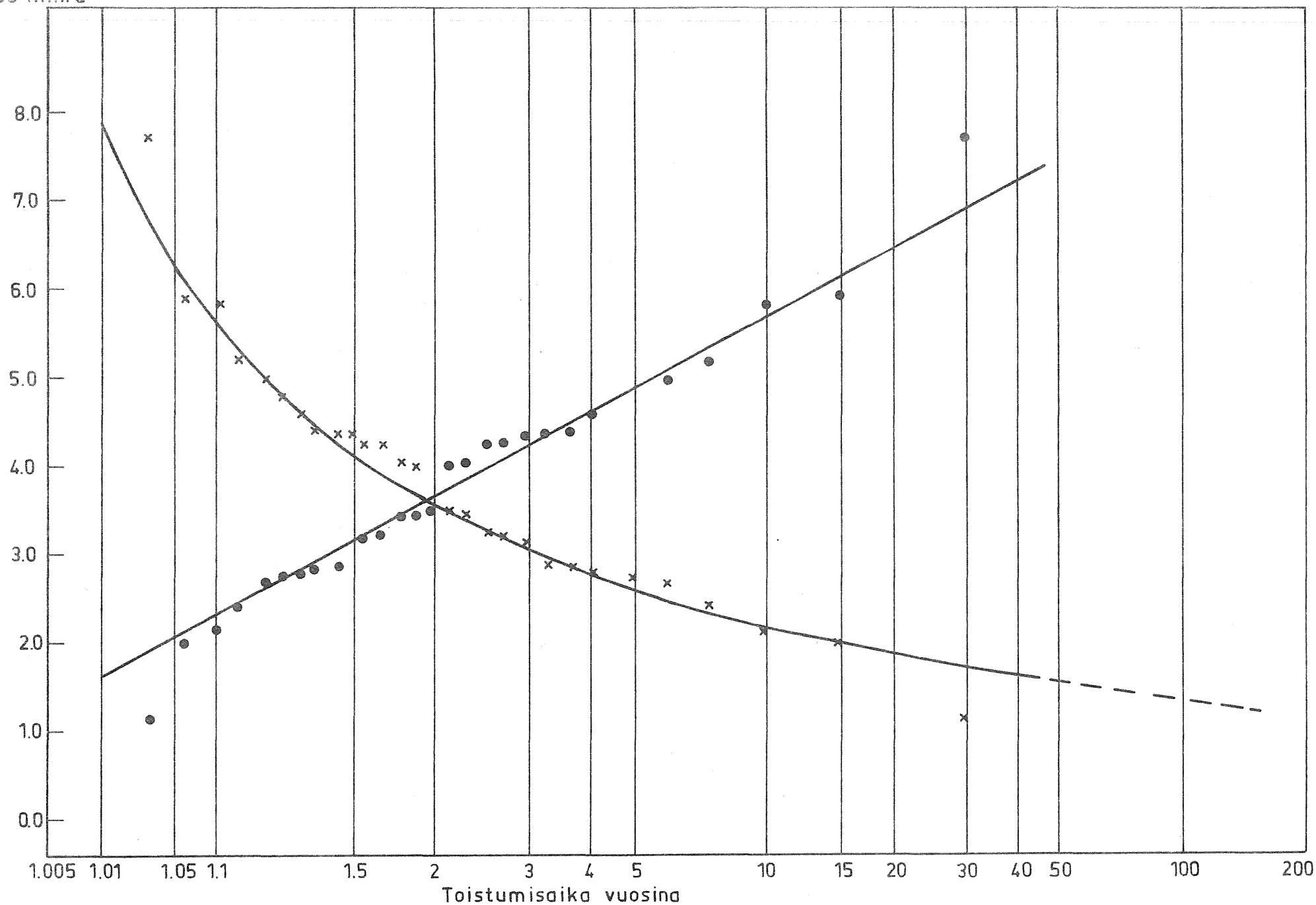
| | I | II | III | IV | V | V | VI | VII | VIII | IX | IX | X | XI | XII | YHTEENSÄ | |
|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|-----------|----------|
| | | | | | | | | | | | | | | | 15.5-15.9 | 11-31.12 |
| 1950 | 63 | 72 | 707 | 1505 | 47 | 22 | -54 | -40 | -39 | 11 | 111 | 505 | 676 | 1097 | -100 | 4632 |
| 1951 | 137 | 47 | 50 | 1780 | 108 | 19 | -35 | -26 | -18 | 6 | 16 | -18 | 154 | 797 | -54 | 3017 |
| 1952 | 488 | 196 | 56 | 1034 | 10 | 6 | -60 | -21 | -32 | -17 | 130 | 473 | 429 | 692 | -124 | 3284 |
| 1953 | 289 | 153 | 1531 | 877 | 4 | 36 | 16 | 67 | 360 | 64 | 172 | 249 | 315 | 432 | 543 | 4565 |
| 1954 | 168 | 31 | 349 | 741 | 194 | 28 | -16 | 380 | 502 | 201 | 1107 | 777 | 1161 | 1335 | 1095 | 6958 |
| 1955 | 184 | 333 | 30 | 254 | 1435 | 393 | -89 | -109 | -117 | 34 | 29 | 171 | 373 | 401 | 112 | 3322 |
| 1956 | 354 | 66 | 378 | 526 | 1098 | 58 | 18 | -52 | -47 | -24 | -6 | 42 | 13 | 433 | -47 | 2857 |
| 1957 | 84 | 62 | 31 | 710 | 661 | 90 | 85 | -4 | 155 | 206 | 754 | 899 | 345 | 837 | 532 | 4915 |
| 1958 | 149 | 55 | 26 | 526 | 660 | 473 | 12 | -30 | -16 | -26 | -6 | 27 | 122 | 201 | 413 | 2173 |
| 1959 | 146 | 99 | 1412 | 988 | 45 | 7 | -78 | -116 | -70 | -45 | -32 | 21 | 92 | 200 | -302 | 2669 |
| 1960 | 121 | 36 | 6 | 922 | 132 | 5 | -29 | 8 | 273 | 218 | 39 | 148 | 673 | 1274 | 475 | 3826 |
| 1961 | 293 | 496 | 1360 | 337 | 77 | 52 | 40 | 82 | 598 | 64 | 92 | 254 | 728 | 431 | 836 | 4904 |
| 1962 | 670 | 563 | 115 | 1916 | 253 | 70 | 17 | -18 | 49 | 133 | 360 | 327 | 395 | 503 | 251 | 5353 |
| 1963 | 56 | 43 | 15 | 623 | 196 | 50 | -57 | -78 | 38 | 226 | 20 | 858 | 436 | 254 | 179 | 2680 |
| 1964 | 102 | 111 | 4 | 637 | 326 | 44 | -34 | -39 | -18 | -12 | -27 | 128 | 201 | 1221 | -59 | 2698 |
| 1965 | 357 | 160 | 97 | 707 | 35 | 36 | -50 | 44 | 60 | 40 | 26 | 57 | 252 | 158 | 130 | 1979 |
| 1966 | 58 | 53 | 59 | 666 | 1890 | 58 | -31 | -31 | -1 | 29 | 3 | 260 | 662 | 634 | 24 | 4309 |
| 1967 | 171 | 108 | 1481 | 1389 | 234 | 133 | 6 | -87 | 394 | 471 | 177 | 205 | 534 | 279 | 917 | 5495 |
| 1968 | 58 | 35 | 1409 | 644 | 149 | 84 | -49 | -33 | -73 | 59 | 126 | 194 | 749 | 366 | -12 | 3718 |
| 1969 | 117 | 76 | 12 | 1383 | 156 | 139 | -54 | -4 | -132 | -3 | 66 | 152 | 945 | 216 | -54 | 3069 |
| 1970 | 103 | 50 | 133 | 1818 | 796 | 91 | -20 | 97 | 17 | 25 | 53 | 55 | 597 | 819 | 210 | 4634 |
| 1971 | 736 | 428 | 151 | 1090 | 86 | 48 | -35 | -66 | 1 | -7 | -17 | 73 | 159 | 522 | -59 | 3169 |
| 1972 | 99 | 60 | 34 | 1224 | 341 | 75 | 17 | 158 | 539 | 95 | 52 | 144 | 558 | 776 | 884 | 4172 |
| 1973 | 121 | 107 | 402 | 722 | 299 | 56 | 115 | 96 | 13 | 65 | 33 | 166 | 263 | 370 | 345 | 2828 |
| 1974 | 624 | 917 | 472 | 1301 | 116 | 41 | 25 | 114 | 94 | 117 | 85 | 1009 | 860 | 1584 | 391 | 7359 |
| 1975 | 990 | 226 | 187 | 460 | 75 | 70 | 11 | -92 | -97 | -9 | 11 | 39 | 87 | 250 | 117 | 2208 |
| 1976 | 128 | 76 | 126 | 1304 | 226 | 49 | 88 | -18 | -119 | 2 | -39 | 1 | 110 | 292 | 2 | 2226 |
| 1977 | 94 | 44 | 695 | 1116 | 507 | 442 | 11 | 205 | 21 | 57 | 38 | 309 | 793 | 409 | 736 | 4741 |
| 1978 | 112 | 40 | 188 | 1250 | 136 | 81 | 40 | -14 | 55 | 200 | 394 | 264 | 541 | 195 | 362 | 3482 |
| 1979 | 76 | 19 | 69 | 1068 | 706 | 123 | -57 | 262 | 433 | 417 | 256 | 274 | 1062 | 1048 | 1178 | 5756 |
| ka | 238 | 159 | 386 | 983 | 367 | 96 | -8 | 21 | 94 | 87 | 133 | 269 | 474 | 601 | 290 | 3899 |

Taulukko 15

Nykyisen altaan vuosittaiset nettotulovalunnat sekä niiden toistuvuudet (Tr).

| 16.5-15.5 | mm/a | milj.m ³ /a | | | mm/a | Tr |
|-------------|------|------------------------|----|----|------|------|
| 1950 - 1951 | 4361 | 161.4 | 21 | 1 | 1175 | 30 |
| 1951 - 1952 | 2699 | 99.9 | 5 | 2 | 1983 | 15 |
| 1952 - 1953 | 4354 | 161.4 | 20 | 3 | 2130 | 10 |
| 1953 - 1954 | 3194 | 118.2 | 11 | 4 | 2436 | 7.5 |
| 1954 - 1955 | 7711 | 285.3 | 29 | 5 | 2699 | 6.0 |
| 1955 - 1956 | 3508 | 129.8 | 15 | 6 | 2769 | 5.0 |
| 1956 - 1957 | 1983 | 73.4 | 2 | 7 | 2822 | 4.3 |
| 1957 - 1958 | 4783 | 177.0 | 24 | 8 | 2874 | 3.75 |
| 1958 - 1959 | 3447 | 127.5 | 13 | 9 | 2927 | 3.33 |
| 1959 - 1960 | 1175 | 43.5 | 1 | 10 | 3167 | 3.00 |
| 1960 - 1961 | 5172 | 191.4 | 26 | 11 | 3194 | 2.73 |
| 1961 - 1962 | 5858 | 216.7 | 27 | 12 | 3349 | 2.50 |
| 1962 - 1963 | 2769 | 102.5 | 6 | 13 | 3447 | 2.31 |
| 1963 - 1964 | 2927 | 108.3 | 9 | 14 | 3494 | 2.14 |
| 1964 - 1965 | 2874 | 106.3 | 8 | 15 | 3508 | 2.00 |
| 1965 - 1966 | 3349 | 123.9 | 12 | 16 | 4011 | 1.88 |
| 1966 - 1967 | 4966 | 183.7 | 25 | 17 | 4065 | 1.76 |
| 1967 - 1968 | 4407 | 163.1 | 22 | 18 | 4225 | 1.67 |
| 1968 - 1969 | 3167 | 117.2 | 10 | 19 | 4225 | 1.57 |
| 1969 - 1970 | 4225 | 156.3 | 19 | 20 | 4354 | 1.50 |
| 1970 - 1971 | 4225 | 156.3 | 18 | 21 | 4361 | 1.43 |
| 1971 - 1972 | 2436 | 90.1 | 4 | 22 | 4407 | 1.36 |
| 1972 - 1973 | 4065 | 150.4 | 17 | 23 | 4607 | 1.30 |
| 1973 - 1974 | 4607 | 170.5 | 23 | 24 | 4783 | 1.25 |
| 1974 - 1975 | 5867 | 217.1 | 28 | 25 | 4966 | 1.20 |
| 1975 - 1976 | 2130 | 78.8 | 3 | 26 | 5172 | 1.15 |
| 1976 - 1977 | 2822 | 104.4 | 7 | 27 | 5858 | 1.11 |
| 1977 - 1978 | 4011 | 148.4 | 16 | 28 | 5867 | 1.07 |
| 1978 - 1979 | 3494 | 129.3 | 14 | 29 | 7711 | 1.03 |
| ka | 3813 | 141.1 | | | | |

1000 mm/a

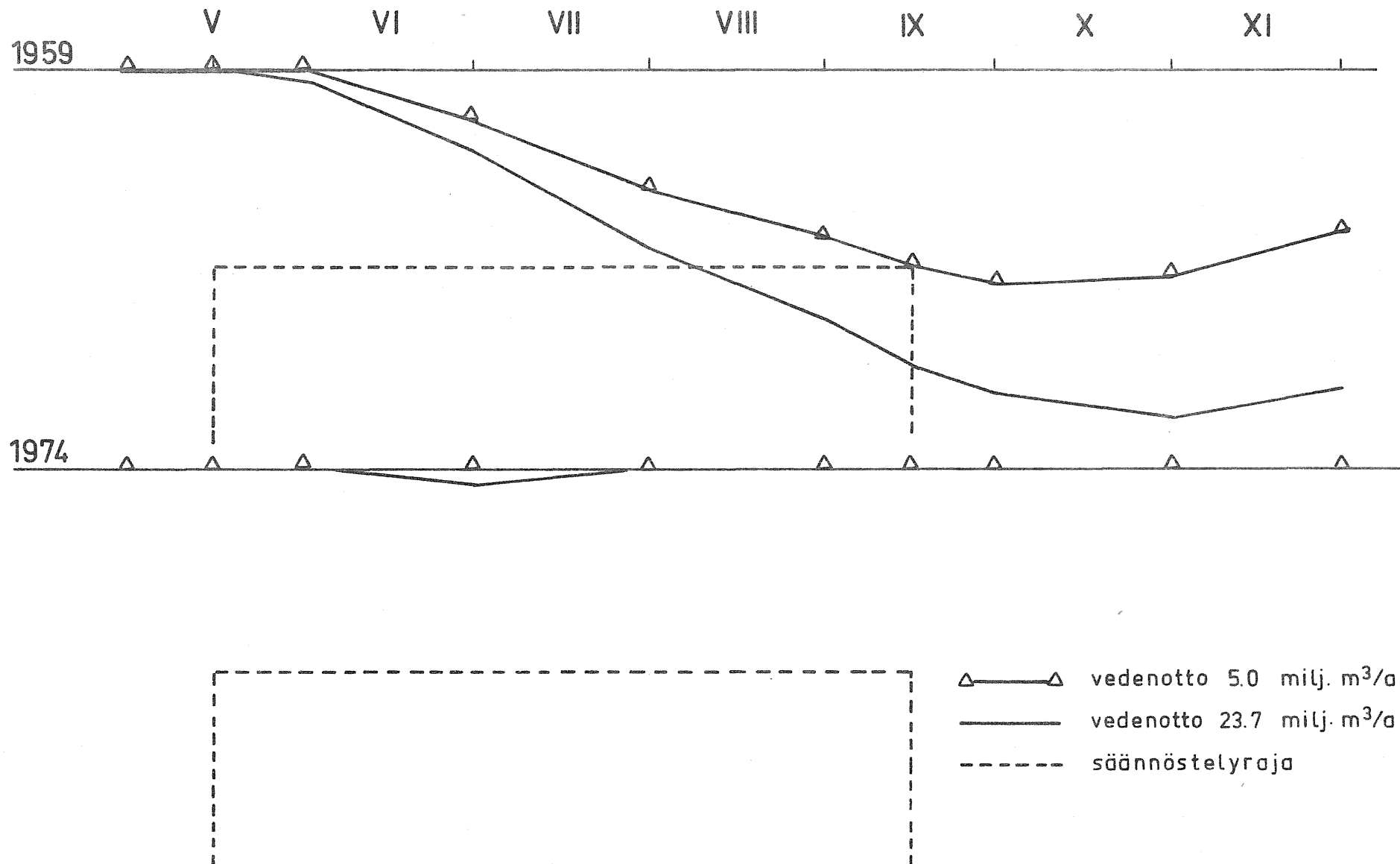


Kuva 4. Vuotuisten nettotulovaluntojen toistuvuus (käyrät piirretty silmävaraisesti)

nöstelyyn joudutaan kerran 20 vuodessa noin 67 milj. m³ vuotuisella vedenotolla.

Altaasta saatavan vesimäärän kannalta määrääväksi muodostuu siis kesäaikainen säännöstelyraja. Nykyiset talviaikaiset säännöstelyrajat rikotaan kuivimpana vuonna vasta vedenotolla 31 milj. m³/a. Mikäli jätetään huomioimatta myöhäisestä kevättulvasta johtuvat toukokuun suuret nettotulovalunnat, niin altaan kesäaikaiset nettotulovalunnat ovat kahtena kesänä (1950, 1959) selvästi muita pienemmät. Kyseisinä kesinä säännöstelyvälin alaraja olisi saavutettu jo vedenotolla 5.0 milj. m³/a. Vedenotolla 23.7 milj. m³/a alaraja olisi kyseisinä vuosina rikottu 13 - 16 cm:llä. Lisäksi alaraja olisi rikottu kolmena muuna kesänä (1952, 1969 ja 1975) mutta kuitenkin vain 2 - 3 cm:llä. Sateisimpina vuosina altaan pinta ei olisi pudonnut suurimmallaakaan vedenotolla ylärajalta kuin 3 - 5 cm. (Liite 3).

Tarkastelun perusteella altaasta voidaan keskimäärin pumpata vesioikeuden luvan mukainen vesimäärä vaikeuksitta, mutta 1950 -luvun kuivien kesien tapauksissa se edellyttää kesäaikaisten säännöstelyrajojen rikkomista. Vuotuinen nettotulovalunta tai talvikaikaiset säännöstelyrajat eivät liitteen 3 mukaan aseta rajoituksia vedenotolle vesioikeuden luvan edellyttämissä rajoissa. Altaasta saatavissa oleva vesimäärä on siis riippuvainen ainoastaan kesäaikaisesta nettotulovalunnasta ja altaasta saatavissa olevaa vesimäärää voidaan huomattavasti nostaa kesäaikaisia säännöstelyrajoja muuttamalla. Kuvaan ⁵ on piirretty altaan vedenpinnan kehitys kuivana (1959) ja sateisena (1974) kesänä vedenotoilla 5.0 ja 23.7 milj. m³/a.



Kuva 5. Nykyisen altaan vedenpinnan kehitys kuivana (1959) ja sateisena (1974) kesänä vedenotoilla 5.0 ja 23.7 milj. m³/a.

4. Uudelleenjärjestelymahdollisuudet

4.1 Uudelleenjärjestelyn taustaa

Nykyisestä altaasta aiheutuvien haittojen pienentämiseksi on ehdotettu vedensaahtimahdollisuuden kustannuksella tapahtuvaa altaan pienentämistä, joka palauttaisi osan nykyisestä allasalueesta merelliseen tilaan. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu muita vedenhankinta mahdollisuuksia sekä eri pienentämismahdollisuuksia ja niiden mukaan saatavia vesimääriä ja tarvittavia säännöstelyrajoja.

Uudellakaupungissa on makeavesialtaan lisäksi käytössä toisena raakavesilähteenä Ruokolanjärven - Käätyjärven vesistösystemi. Nykyään Ruokolanjärven vettä käytetään vedenpuhdistamolla allasveden lisäksi, mutta suunnitelmissa olevan allasveden siirtokapasiteetin lisäyksen jälkeen on vedenpuhdistamolla tarkoitus siirtyä käyttämään yksinomaan allasvettä, jolloin Ruokolanjärvi jää vararaakavesilähteeksi.

Ruokolanjärven ja Käätyjärven yhteinen valuma-alue on $5,5 \text{ km}^2$ josta järvien yhteenlaskettu pinta-ala on noin $0,27 \text{ km}^2$. Ruokolanjärven kautta vedenpuhdistamolle saatavissa olevaa vesimäärää voidaan arvioida esimerkkivuoden avulla. Valitaan esimerkkivuodeksi 1.5.1975 - 30.4.1976, joka on yksi jakson 1950 - 1979 kuivimmista ja johon liittyvät hydrologiset havainnot ovat mahdollisimman tarkat. Järviin tuleva sadanta on sama kuin Ruokolanjärven rannalla olevan havaintoaseman korjattu sadanta. Haihdunta on vähintään vastaavan ajanjakson allashaihdunnan suuruinen ja tulovirtaamat saadaan Puttakosken virtaamien ja valuma-alueiden pinta-alojen suhteen avulla. Taulukkoon 16 on laskettu järvien kuukausittaiset nettotulovalunnat kyseisenä jaksona ja tasaisten vedenottojen $0,4$ ja $0,8 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ vaikutukset järvien pinnan tasoihin.

Taulukko 16

Ruokolanjärven - Käätyjärven nettotulovalunnat kuukausittain 1.5.1975 - 30.4.1976 ja vedenottojen 0.4 ja 0.8 milj. m³/a vaikutus järvien pinnantasoihin (mm). Taulukon luvut tarkoittavat kalenterikuukausien viimeisten päivien pinnankorkeuksia. Lähtötasona on 1.5.1975 pinnankorkeus = 0.

| | p | -123 | -247 | p | -123 | -247 | p | -123 | -247 | p | -123 | -247 |
|-------------|-----|------|-------|----|------|-------|-----|------|-------|------|-------|-------|
| 1.5 - 31.8 | 194 | +61 | -53 | 33 | -29 | -267 | -85 | -237 | -599 | -88 | -448 | -934 |
| 1.9 - 31.12 | 25 | -536 | -1156 | 57 | -602 | -1346 | 118 | -607 | -1475 | 352 | -378 | -1370 |
| 1.1 - 30.4 | 172 | -329 | -1445 | 99 | -353 | -1593 | 185 | -291 | -1655 | 2018 | +1604 | +116 |

p = kuukauden nettotulovalunta

0.4 milj. m³/a = 123 järvimillimetriä/kk

0.8 milj. m³/a = 247 järvimillimetriä/kk

Kuten taulukosta 16 ilmenee jo tasainen vuotuinen vedenotto 0.4 milj. m³/a pudottaa järvien pintaa yli 50 cm kesän aikana toukokuun 1 päivän tasosta. Vedenotolla 0.8 milj. m³/a vuotuinen nettotulovalunta on vielä riittävä, mutta tarvittava vedenpintojen vaihteluväli on 1.7 m. Vedenpintojen vaihteluvälejä ei ole määrätty, mutta mikäli pinnankorkeusvaihtelut halutaan pitää kohtuullisina (alle 1.0 m) ja otetaan huomioon tarkastelukautta kuivempien jaksojen esiintymismahdollisuus (1955, 1959), on vuotuisesti tasaiseksi vedenotoksi syytä rajoittaa esim. 0.4 milj. m³/a. Saatavaa vesimäärää voidaan lisätä keskittämällä järvistä tapahtuvaa vedenottoa sateisiin kausiin, jolloin mereen juoksutettavaa vesimäärää voidaan pienentää. Kyseinen vedenotto kattaa noin 14 % nykyisestä kokonaisraakavedenkulutuksesta. Jos koko nykyinen raakavedentarve joudutaan väliaikaisesti kattamaan Ruokolanjärvestä laskevat järvien pinnat vedenoton vaikutuksesta noin 85 cm/kk, mikäli lisävedettä ei pystytä järjestämään. Lisäveden pumppaus Sirppujoesta ei kuivana kesänä tule kysymykseen virtaamien pienuuden takia ja varastotilan pienuuden vuoksi ei Ruokolanjärvestä saatavaa vesimäärää voida varastoinnin avulla nostaa.

Makeavesiallas on siis välttämätön kaupungin raakavedentarpeen tyydyttämiseksi. Toisaalta altaasta aiheutuu ekologia, taloudellisia ja virkistyskäyttöön liittyviä haittoja, joista mainittakoon altaan matalan pohjoisosan ja matalien rantojen ruohottuminen, kalakato ja siitä johtuva lintujen väheneminen alueelta, kalastuksesta saatujen tulojen ja virkistyksen puuttuminen, ruohottuneiden rantojen myyntiarvon pieneneminen sekä ruohottumisesta johtuva veneilyn ja uinnin vaikeutuminen osissa allasta. Altaan ranta-asukkaille mukanaan tuomista hyödyistä tärkeimmät ovat vedenkorkeusvaihteluiden pieneneminen ja ranta-asukkaiden vesihuollon helpottuminen. Altaasta johtuvien haittojen pienentämiseksi ja/tai poistamiseksi on ranta-asukkaiden taholta ehdotettu uudelleenjärjestelyjä.

Nykyisestä altaasta saatavissa olevaa vesimäärää voidaan nostaa muuttamalla nykyisiä säännöstelyrajoja, lisäämällä tulovirtaamaa tai suurentamalla altaan pinta-alaa. Pinta-alaa pienennettäessä joudutaan hyväksymään nykyistä pienempi käytettävissä oleva raakavesimäärä.

Altaan pinta-alan suurentaminen on melko helposti suoritettavissa patoamalla Mannervesi ja poistamalla Lounatkarinpuhtissa oleva pato. Altaan suurentaminen edellyttäisi kuitenkin hyvin huomattavaa vedentarpeen kasvua eikä se poistaisi nykyisestä altaasta aiheutuvia haittoja vaan päinvastoin haitat ilmeisesti levittäytyisivät nykyistä laajemmalle alueelle.

Altaan tulovirtaamaa voidaan lisätä muuttamalla Ihodenjoen juoksutus siten, että se laskee nykyiseen altaaseen. Näin saatavasta lisävedestä olisi kuitenkin hyötyä vain kesällä, sillä muina vuodenaikoina altaasta muutenkin juoksutetaan purkuaukkojen kautta mereen keskimäärin noin 140 milj. m³/a. Kesäaikoinakin hyöty rajoittuisi ainoastaan Ihodenjoen virtaamaan, sillä muut altaan nettotulovaluntaan vaikuttavat tekijät jäisivät ennalleen. Ihodejoen järvisyys on suurempi kuin Sirppujoen ja tämä pienentää ylivalumia verrat-

tuna Sirppujokeen. Toisaalta normaalina kesänä runsasjärvisyys tasoittaa alivalumavaihteluja, sillä osa virtaamasta johtuu varaston tyhjenemisestä, mutta kuivana kesänä, jolloin järvihaihdunta on suurimmillaan on tasoittava vaikutus pienimmillään. Kuivana kesänä nykyisen altaan, valuma-alue 461 km^2 , tulovirtaama on 40 - 100 allasmillimetriä ja runsasjärvisemmän Ihodenjoen, valuma-alue 185 km^2 , aiheuttama tulovirtaama olisi täten noin 20 - 50 allasmillimetriä. Näin ollen Ihodenjoen laskusuunnan muuttamisella ei ilmeisesti saavuteta sanottavaa hyötyä, ei ainakaan ilman joen säännöstelyä.

Altaan tulovirtaamaa voidaan pienentää jakamalla Sirppujoen virtaama siten, että happamat kevät- ja syysylivirtaamat johdetaan suurimmaksi osaksi altaan ohi Mannerveteen. Järjestely olisi melko helppo toteuttaa ja tästä on olemassa Turun vesipiirin laatima alustava suunnitelma, mutta hanke on kohdannut hyvin voimakasta vastustusta Mannerveden laadun huononemista pelkäävien taholta.

Altaan säännöstelyrajoja muuttamalla altaasta saatavissa olevaa vesimäärää voidaan nostaa huomattavasti. Altaan keskimääräinen nettotulovalunta on noin $141 \text{ milj. m}^3/\text{a}$, mutta sen käyttöönotto edellyttäisi ylivuotista säännöstelyä ja huomattavia säännöstelyvälejä. Vedenotolla $1.75 \text{ m}^3/\text{s}$ ($55.2 \text{ milj. m}^3/\text{a}$) ylivuotiseen säännöstelyyn joudutaan noin kerran 25 vuodessa ja tarvittava säännöstelyväli on kesällä 70 - 80 cm ja talvella 110 - 120 cm. Säännöstelyrajojen muuttaminen voidaan suorittaa joko nostamalla ylärajoja, jolloin altaan ja Sirppujoen alajuoksun ranta-alueen maanviljely vaikeutuu tai laskemalla alarajoja, jolloin altaan virkistyskäyttö vaikeutuu.

4.2 Pienentämismvaihtoehdot

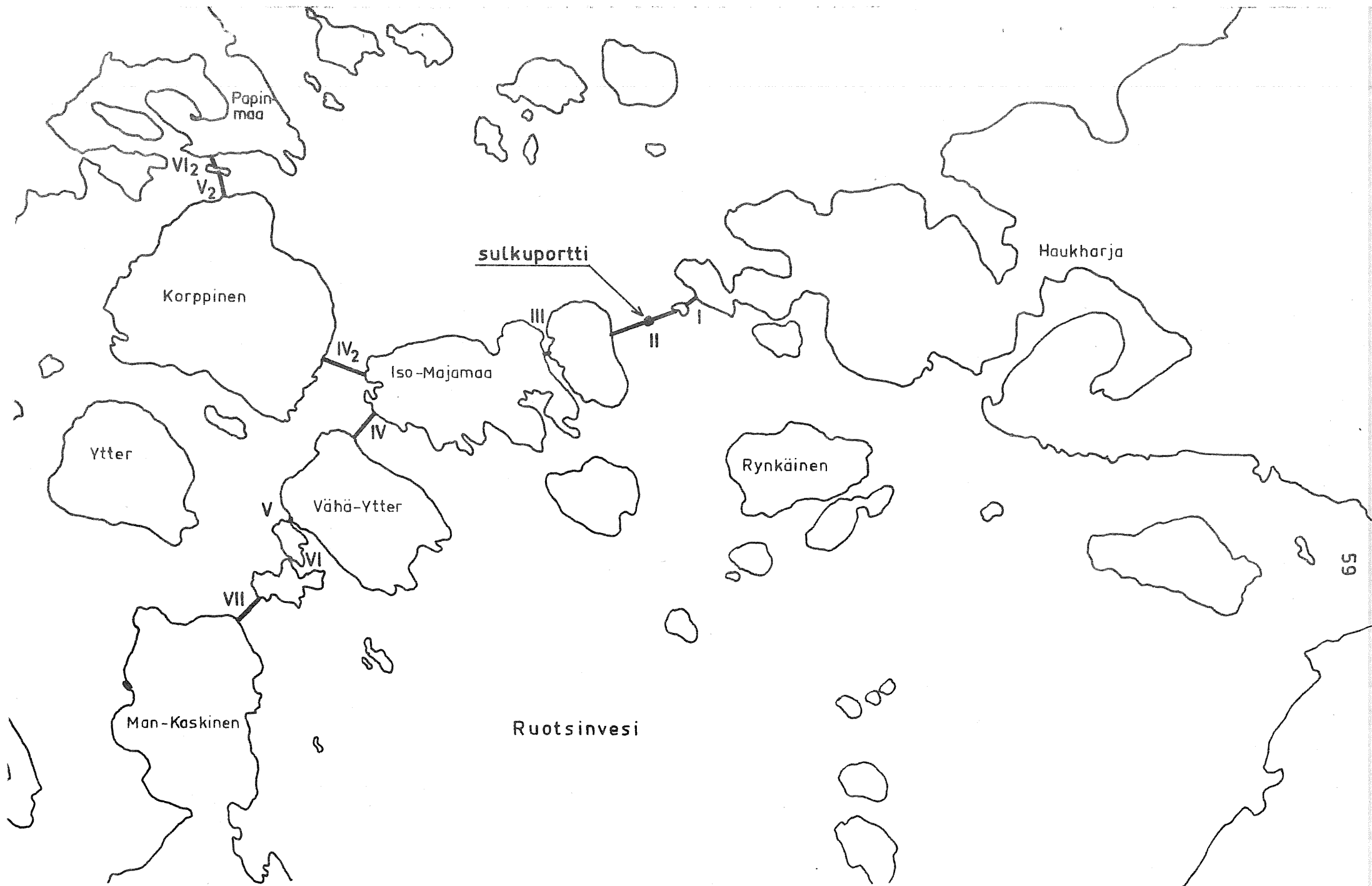
Altaan pienentäminen voidaan suorittaa joko pienentämällä nykyistä allasta tai muodostamalla uusi, nykyistä pienempi

allas. Alueen olemassaolevat luonnonvesistöt (Sirppujoki, Ruokolanjärvi, Käätyjärvi) eivät pysty korvaamaan nykyistä allasta veden huonomman laadun ja kesäaikaisten saantivaikeuksien vuoksi.

Uuden altaan muodostaminen olisi maantieteellisesti mahdollista kaupungin eteläpuolella missä Lautveden alue olisi helposti erotettavissa merestä. Altaan paikan vaihtaminen ei kuitenkaan liene perusteltua, sillä seurauksena ei ilmeisesti olisi nykyisten haittojen poistuminen vaan niiden siirtyminen uusille ranta-asukkaille. Matalarantaiseen Lautveteen laskeva Velluanjoki johtaisi Valkkimeren kuivatusvedet uuteen altaaseen ja jokiveden vaikutus olisi ilmeisesti sama kuin Valkojärven kuivatusvesiä sisältävän Sirppujoen veden vaikutus nykyiseen altaaseen. Kustannukset muodostuisivat melkoisiksi, sillä uusi allas vaatisi uudet padot ja vedensiirtolaitteet ja nykyisen altaan vastaavat rakenteet olisi purettava ja lisäksi tieyhteyksien säilyttäminen vaatisi siltojen rakentamista nykyisen altaan patojen tilalle.

Nykyisen altaan pienentäminen voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: Patovaihtoehdossa 1 rakennetaan penkereet väleille Karjamaa (I) - Vähä-Valli (II) - Vallinmaa (III) - Majanmaa (IV) - Vähä-Ytter (V), (VI) - Karvainenkari (VII) - Meri-Kaskinen ja patovaihtoehdossa 2 penkereet IV, VI ja VII korvataan penkereillä Majanmaa (IV₂) - Korppinen (V₂) Rysykari - (VI₂) - Papinmaa. Vaihtoehdossa 1 Merikaskisten alue on Velhoveden yhteydessä kun se vaihtoehdossa 2 jää Ruotsinveden yhteyteen (kuva 6).

Molemmissa vaihtoehdoissa pienennetty makeavesiallas voidaan muodostaa joko Velhoveteen tai Ruotsinveteen perustuvasta osasta. Mikäli pienennetty allas muodostetaan Velhoveden puoleisesta osasta, niin todennäköisenä hyötynä voidaan mainita Ruotsinveden palautuminen luonnontilaan. Tosin padotulla Velhovedellä on vaikutusta Ruotsinveden virtausolosuhteisiin. Kyseinen ratkaisu edellyttää uuden patolinjan rakentamisen lisäksi Ruotsinveden etelä- ja länsireunoilla olevien patojen purkamista ja ainakin osan korvaamista silloilla, raakaveden siirtolinjan pidentämistä uu-



Kuva 6. Eri pienentämisvaihtoehtojen edellyttämät uudet padot.

teen altaaseen, tehokkaampia siirtopumppuja siirtomatkan kasvaessa ja Lepäistentien sulkuporttien sekä tulva-aukon siirtämistä uuteen patolinjaan. Saatavissa oleva vesimäärä ei sanottavasti muutu, mutta tarvittava säännöstelyväli Velhovedellä kasvaa, viipymä pienenee ja laatuvaihtelut kasvavat. Lisäksi pienentämisestä aiheutunut hyöty jää melko pieneksi pahimman haitta-alueen, Velhoveden, jäädessä edelleen altaaksi.

Jos pienennetty allas muodostetaan Ruotsinveden puoleisesta osasta niin saatavissa olevan raakaveden määrä pienenee huomattavasti ja vedenkorkeusvaihtelut Ruotsinvedellä kasvavat. Vaihtoehto edellyttää uuden patolinjan rakentamisen lisäksi Velhoveden pohjois- ja länsipuolella olevien patojen purkamista ja ainakin osan korvaamista silloilla, Vintrinrauman sulkuporttien siirtämistä uuteen patoon, mahdollisesti lisäveden siirtolinjan ja pumppuamon rakentamista Sirppujoesta Ruotsinvedelle mutta onnistuessaan kyseinen vaihtoehto tuo mukanaan huomattavia hyötyjä kuten pahimman haitta-alueen Velhoveden palautumisen merelliseen tilaan - padottu Ruotsinvesi tosin vaikuttaa virtausolosuhteisiin. Veden viipymä makeavesialtaassa kasvaa ja laatuvaihtelut tasoittuvat, Sirppujoen altaalla haittatekijöitä aiheuttava vaikutus vähenee, allasveden säätömahdollisuudet paranevat ja altaankin kasvillisuus ja kalakanta mahdollisesti elpyvät.

Molemmissa tapauksissa lisäksi meren yhteyteen palaavan osan ranta-asukkaiden vesihuolto vaikeutuu ja veden korkeusvaihtelut kasvavat nykyisestä. Molempien toteuttamistapojen mukaiset kustannukset ovat karkeasti ottaen samaa suuruusluokkaa, mutta mikäli Ruotsinvedestä muodostettavan altaan veden laatu ja määrä täyttävät sille asetetut vaatimukset niin kyseisen toteuttamistavan mukaiset hyödyt toteutuessaan ovat moninkertaiset verrattuna toiseen vaihtoehtoon.

Mikäli uusi makeavesiallas pohjautuu Velhoveteen niin saa-

tava vesimäärä ei sanottavasti poikkea nykyisestä, pienentämisestä saavutettavat hyödyt ovat selvästi pienemmät ja kustannukset vähintään samankokoiset kuin Ruotsinveteen pohjautuvan altaan muodostamisessa. Tässä tutkimuksessa onkin pyritty selvittämään saatavat vesimäärät ja tarvittavat säännöstelyrajat mikäli pienennetty allas pohjautuu Ruotsinveteen.

5. Pienennetyn altaan nettotulövalunta

5.1 Määrittäysperusteet

Pienennetyn altaan sadanta ja haihdunta ovat yhtä suuret kuin vastaavat arvot nykyiselläkin altaalla, mutta sitä-vastoin tulovirtaama pienenee huomattavasti valuma-alueen supistuesssa alle 5 %:iin nykyisestä. Patovaihtoehdon 1 mukaisen altaan valuma-alue on 16.3 km^2 ja vesipinta-ala 14.6 km^2 . Vastaavasti vaihtoehdon 2 mukaisen altaan valuma-alue on 22.4 km^2 ja vesipinta-ala 19.4 km^2 . Nykyisen altaan nettotulövaluntaa laskettaessa valuma-alueen valuma ($1/\text{s km}^2$) arvioitiin Sirppujoen Puttakosken virtaamien perusteella. Pienennetyn altaan valuma-alueen sadanta ja maasto-olosuhteet ovat suurin piirtein samat kuin Sirppujoen valuma-alueellakin, mutta pellon osuus on pienempi - toisaalta pienennetyn altaan valuma-alueesta on huomattavasti suurempi osa kallioisia saaria ja ranta-alueita, joiden sadanta suureksi osaksi joutuu välittömästi valuntaan. Kaikenkaikkiaan myös pienennetyn altaan tulovirtaamat on arvioitu Sirppujoen virtaamien perusteella. Tulovirtaamien ajallinen jakautuminen kuitenkin poikkeaa tästä, sillä lyhyiden matkojen takia valuntakäyrän huiput ovat korkeita mutta lyhytaikaisia ja alivaluma on usein, varsinkin kesällä, pitkiäkin aikoja nolla. Tulovirtaaman arvioinnissa mahdollisesti sattuneen virheen merkitystä pienentää tulovirtaaman suhteellisen osuuden selvä pieneneminen nykytilanteesta.

5.2 Nettovuosisivalunnat

Nykyisestä altaasta pumpattavissa olevan vesimäärän todettiin olevan riippuvainen altaan kesäaikaisista säännöstyrajoista kun taas pienennetyssä altaassa vuotuinen nettotulövalunta usein rajoittaa saatavaa vesimäärää. Taulukossa 17 on laskettu molempien pienentämisvaihtoehtojen mukai-

Taulukko 17

Pienennettyjen allasvaihtoehtojen nettotulovalunnat vuosina
1950 - 1979

| | Vaihtoehto 1 | | | | | Vaihtoehto 2 | | |
|-------------|--------------|----------------|-----------|-----------|-------------------------|----------------|-----------|-------------------------|
| | S (mm) | Q (allasmm) | E (mm) | P | | Q (allasmm) | P | |
| | | | | (allasmm) | milj. m ³ /a | | (allasmm) | milj. m ³ /a |
| 16.5 - 15.5 | | | | | | | | |
| 1950 - 1951 | 683 | 369 | 437 | 615 | 8.98 | 383 | 629 | 12.20 |
| 1951 - 1952 | 500 | 231 | 399 | 332 | 4.85 | 239 | 340 | 6.60 |
| 1952 - 1953 | 562 | 382 | 466 | 478 | 6.98 | 395 | 491 | 9.53 |
| 1953 - 1954 | 665 | 270 | 483 | 452 | 6.60 | 279 | 461 | 8.94 |
| 1954 - 1955 | 901 | 646 | 402 | 1145 | 16.72 | 668 | 1167 | 22.64 |
| 1955 - 1956 | 501 | 320 | 570 | 251 | 3.66 | 331 | 262 | 5.08 |
| 1956 - 1967 | 470 | 175 | 432 | 213 | 3.11 | 181 | 219 | 4.25 |
| 1957 - 1958 | 491 | 425 | 446 | 470 | 6.86 | 437 | 482 | 9.35 |
| 1958 - 1959 | 507 | 302 | 435 | 374 | 5.46 | 313 | 385 | 7.47 |
| 1959 - 1960 | 446 | 122 | 615 | -47 | -0.69 | 126 | -43 | -0.83 |
| 1960 - 1961 | 687 | 443 | 463 | 667 | 9.74 | 459 | 683 | 13.25 |
| 1961 - 1962 | 740 | 498 | 434 | 804 | 11.74 | 515 | 321 | 15.93 |
| 1962 - 1963 | 506 | 242 | 421 | 327 | 4.77 | 250 | 335 | 6.50 |
| 1963 - 1964 | 618 | 249 | 474 | 393 | 5.74 | 258 | 402 | 7.80 |
| 1964 - 1965 | 605 | 247 | 487 | 365 | 5.33 | 255 | 373 | 7.24 |
| 1965 - 1966 | 592 | 286 | 434 | 444 | 6.48 | 295 | 453 | 8.79 |
| 1966 - 1967 | 734 | 424 | 504 | 654 | 9.55 | 439 | 669 | 12.98 |
| 1967 - 1968 | 743 | 368 | 447 | 664 | 9.69 | 381 | 677 | 13.13 |
| 1968 - 1969 | 519 | 281 | 483 | 317 | 4.63 | 290 | 326 | 6.32 |
| 1969 - 1970 | 673 | 367 | 542 | 498 | 7.27 | 379 | 510 | 9.89 |
| 1970 - 1971 | 631 | 357 | 408 | 580 | 8.47 | 370 | 593 | 11.50 |
| 1971 - 1972 | 455 | 218 | 453 | 220 | 3.21 | 226 | 228 | 4.42 |
| 1972 - 1973 | 590 | 348 | 406 | 532 | 7.77 | 360 | 544 | 10.55 |
| 1973 - 1974 | 665 | 395 | 470 | 590 | 8.61 | 409 | 604 | 11.72 |
| 1974 - 1975 | 859 | 486 | 421 | 924 | 13.72 | 503 | 941 | 18.26 |
| 1975 - 1976 | 543 | 194 | 581 | 156 | 2.28 | 201 | 163 | 3.16 |
| 1976 - 1977 | 556 | 256 | 595 | 217 | 3.17 | 265 | 226 | 4.38 |
| 1977 - 1978 | 663 | 338 | 426 | 575 | 8.40 | 349 | 586 | 11.37 |
| 1978 - 1979 | 549 | 318 | 400 | 467 | 6.82 | 329 | 478 | 9.27 |
| ka | 609 | 329 | 467 | 471 | 6.88 | 341 | 483 | 9.36 |

set vuotuiset nettotulovalunnat. Tarkasteluvuodeksi on valittu 16.5 - 15.5 välinen aika vuosina 1950 - 1979. Vuosi on rajattu näin, koska vesioikeuden luvan mukainen tiukempi säännöstelyraja osuu ajalle 15.5 - 15.9 ja kyseinen joko antaa todellisen kuvan vedenpinnan kehityksestä peräkkäisinä vuosina.

Kuten taulukosta ilmenee on patovaihtoehdon 1 mukaisen altaan nettotulovalunta keskimäärin $6.9 \text{ milj. m}^3/\text{a}$, mutta vuosittainen vaihtelu on suuri. Suurimmillaan vuotuisen nettotulovalunta on $16.7 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ ja pienimmillään se on negatiivinen $-0.7 \text{ milj. m}^3/\text{a}$. Vastaavasti vaihtoehdon 2 mukaisen altaan nettotulovalunta on keskimäärin $9.4 \text{ milj. m}^3/\text{a}$, suurimmillaan $22.6 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ ja pienimmillään negatiivinen $-0.8 \text{ milj. m}^3/\text{a}$.

5.3 Tarvittavat säännöstelyrajat

Mikäli pienennettyyn makeavesialtaaseen ei ole järjestetty lisävedenpumppausmahdollisuutta, on altaasta saatavissa oleva vesimäärä korkeintaan keskimääräisen vuotuisen nettotulovalunnan suuruinen ja lisäksi saatavissa olevaa vesimäärää rajoittavat määrättävät säännöstelyvälit. Liitteessä 4 on laskettu molempien vaihtoehtojen kuukausittaiset nettotulovalunnat allasmillimetreinä ja liitteissä 5 ja 6 on laskettu pienennettyjen altaiden kuukausittainen kumulatiivinen pinnankehitys vuosina 1950 - 1979. Vertailutasoksi on valittu 15.5.1950 pinnankorkeus, joka on samalla oletettu ylimmäksi sallituksi pinnantasoksi ja ylimääräinen vesi on oletettu juoksutetuksi mereen.

Taulukkoon 18 on koottu eri pienentämisvaihtoehtojen edellyttämät säännöstelyvälit eri vedenotoilla tarkastelujaksolla 1950 - 1979. Lisäksi taulukkoon on laskettu nykyisen altaan vastaavat säännöstelyvälit. Kuten taulukosta 18 ilmenee, niin nykyisellä vedenkulutuksella tarvittavat

säännöstelyrajat ovat kaikissa altaissa samaa suuruusluokkaa, mutta vedenoton lähestyessä altaan keskimääräistä nettotulovaluntaa tarvittavan säännöstelyvälin koko kasvaa jyrkästi pienillä altailla ylivuotisesta säännöstelystä johtuen. Vedenoton kasvaessa voidaan pienennettyjen altaiden tarvittavaa säännöstelyväliä pienentää pumppaamalla altaisiin lisävettä Sirppujoesta.

Taulukko 18

Eri pienentämisvaihtoehtojen edellyttämät säännöstelyvälit eri vedenotoilla ilman lisävedenpumppausta.

| Vedenotto milj. m ³ /a | Patovaihtoehto 1 | | Patovaihtoehto 2 | | Nykyinen allas | |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| | 16.5-15.9 | 16.9-15.5 | 16.5-15.9 | 16.9-15.5 | 16.5-15.9 | 16.9-15.5 |
| 3.0 | 45 cm | 49 cm | 43 cm | 47 cm | 34 cm | 37 cm |
| 6.0 | 98 cm | 100 cm | 52 cm | 59 cm | 36 cm | 39 cm |
| 9.0 | - | - | 120 cm | 125 cm | 39 cm | 42 cm |
| | 6.9 milj.m ³ /a | | 9.4 milj.m ³ /a | | 141.1 milj.m ³ /a | |

5.4 Lisäveden saantimahdollisuudet

Lisävedenpumppaus on järjestettävä joko Sirppujoesta tai Ihodenjoesta, joka kuitenkin on virtaamiltaan pienempi ja sijaitsee kauempana altaasta. Sirppujoen Puttakosken MQ on 3.2 m³/s, mutta koska virtaamavaihtelut ovat huomattavia on pumppaus järjestettävä jaksottaiseksi virtaamavaihteluiden mukaan. Virtaamat ovat suurimmillaan keväällä ja syksyllä, kun taas kesällä, jolloin lisäveden tarve altaassa on suurimmillaan, virtaama saattaa olla pitkiäkin aikoja lähellä nollaa. Mahdollisimman lyhyt siirtomatka edellyttää vedenoton järjestämistä joen alajuoksulta, jolloin meriveden korkeusvaihtelut vaikuttavat jokiveden kokeusasmaan ja vedenoton kasvaessa liian suureksi saattaa merive-

si nousta pumpaamolle.

Sirppujoen vähäjärvisyydestä ja suurista virtaamavaihteluista johtuen virtaamien säännöstely edellyttäisi varastoaltaiden muodostamista jokivarteen. Keinotekkoisten varastoaltaiden muodostaminen ja käyttö kuitenkin aiheuttaisi huomattavia kustannuksia, joita ei voida perustella virtaamien tasaamistarpeella. Joesta pumpattavissa olevaa virtaamaa määrättäessä käytetään yleensä alajuoksulle jätettävän virtaaman vähimmäisarvona keskialivirtaamaa. Sirppujoella 1970 - 1979 suoritettujen virtaamahavaintojen perusteella Puttakosken $MNQ = 0.17 \text{ m}^3/\text{s}$. Havaintojakson edustavuudesta voidaan todeta, että vastaavalla aikavälillä Aurajoen Hypöistenkosken $MNQ = 0.11 \text{ m}^3/\text{s}$, kun pitkäaikaisien havaintojen perusteella Hypöistenkosken $MNQ = 0.10 \text{ m}^3/\text{s}$. Laitilan ja Kalannin jätevedet purkautuvat Sirppujokeen, joten alivirtaamat sisältävät suhteellisesti suurimman osan jätevesiä. Pumppaamalla makeavesialtaan lisävedeksi ainoastaan osa Sirppujoen virtaamista varmistetaan jätevesien laimeneminen, estetään murtoveden nouseminen pumppaamolle ja varmistetaan vähintään tietty virtaama joen alajuoksulle.

Säännöstelemättömästä Sirppujoesta pumpattavissa oleva lisävesi riippuu siis Sirppujoen samanaikaisesta virtaamasta. Mikäli pumppaustehoa nostetaan asteittain Sirppujoen virtaamien kasvaessa ja otetaan lisäksi huomioon ohijuoksutuksen tarve voidaan pumppaustehoa kasvattaa esimerkiksi seuraavasti:

| Puttakosken virtaama m^3/s | Pumppaus teho m^3/s | Alajuoksun virtaama m^3/s |
|---|--|--|
| 0.4 - 0.6 | 0.20 | 0.2 - 0.4 |
| 0.6 - 0.8 | 0.35 | 0.25 - 0.45 |
| 0.8 - 1.0 | 0.50 | 0.30 - 0.50 |
| 1.0 - 1.5 | 0.65 | 0.35 - 0.85 |
| > 1.5 | 0.80 | > 0.70 |

Alajuoksun virtaamia tarkasteltaessa on huomattava, että valuma-alueen kasvun johdosta Sirppujoen virtaamat ovat pumppaamon kohdalla 10 - 15 % Puttakosken virtaamia suuremmat, joten todellisuudessa mereen juoksutettu virtaama on hieman arvioitua suurempi. Pumppaustehon määrittäminen Puttakosken virtaamien perusteella lienee kuitenkin perusteltua, sillä Puttakosken arvot ovat pumppaamon vähimmäisarvoja ja lisäksi Puttakoskella suoritetaan virtaamavainnot päivittäin, joten sallittua pumppaustehoa on helppo seurata.

Puttakosken virtaamat on havaittu päivittäin vuosina 1970 - 1979 ja taulukkoon 19 on laskettu erisuuruisten virtaamien sattumispäivien lukumäärä vuosijaksoina 16.5 - 15.5 kyseisinä vuosina ja niiden perusteella pumpattavissa ollut vesimäärä. Kuivimpina tarkastelujakson kesinä (15.5 - 15.9) pumpattavissa olleet vesimäärät olisivat olleet melko pieniä ja vuorokaudet, jolloin pumppausta olisi voitu suorittaa, ajoittuivat pääosin ajalle 16.5 - 20.6. Pitemmän ajan kuluessa todennäköisesti esiintyy kesiä, jolloin virtaamat ovat havaittuja pienemmät. Tämä sekä Sirppujoen perkauksen yhteydessä rakennettavat alivirtaamia tasoittavat padot ja kesäkuun alkupuolella tapahtuva tehostuva kastelu yhdessä aiheuttavat sen, että lisävedenpumppaus kuivimpina kesinä on mahdollista ainoastaan muutamana toukokuun päivänä. Tätkään pumppausta ei voida aina suorittaa, sillä allas on usein ylärajallaan toukokuun puolivälin jälkeen.

Lisäveden siirtokapasiteetti voidaan mitoittaa joko siten, että kuivimpanakin vuotena voidaan pumpata tietty vesimäärä tai siten, että valitaan tietty keskimäärin pumpattavissa oleva vesimäärä. Jälkimmäisen vaihtoehdon mukainen siirtokapasiteetti on huomattavasti pienempi, mutta se painottaa lisäveden pumppauksen sateisiin vuosiin tarvittavan säännöstelyvälin jäädessä kuivien vuosien vaikutuksesta edelleen melko suureksi. Toinen vaihtoehto, jossa turvataan tietty vesimäärä kuivimpanakin vuotena, johtaa siir-

Taulukko 19

Sirppujoen virtaamien suuruudet vuosina 1970 - 1979 ja niiden perusteella pumpattavissa ollut vesimäärä

| | Virtaamapäivien lukumäärä | | | | | Siirtosysteemin vedensiirtokyky milj. m ³ /a maksimi kapasiteetin mukaan | | | | |
|-------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0.4-0.6 m ³ /s | 0.6-0.8 m ³ /s | 0.8-1.0 m ³ /s | 1.0-1.5 m ³ /s | 1.5 m ³ /s | 0.20 m ³ /s | 0.35 m ³ /s | 0.50 m ³ /s | 0.65 m ³ /s | 0.80 m ³ /s |
| 16.5 - 15.5 | | | | | | | | | | |
| 1970 - 1971 | 60 | 32 | 29 | 37 | 152 | 5.3 | 8.6 | 11.4 | 13.9 | 15.8 |
| 1971 - 1972 | 25 | 16 | 19 | 34 | 84 | 3.1 | 5.1 | 6.8 | 8.4 | 9.5 |
| 1972 - 1973 | 48 | 36 | 33 | 72 | 165 | 6.1 | 10.1 | 13.6 | 16.7 | 18.8 |
| 1973 - 1974 | 36 | 37 | 18 | 45 | 214 | 6.0 | 10.1 | 13.7 | 17.1 | 19.8 |
| 1974 - 1975 | 36 | 31 | 34 | 52 | 205 | 6.2 | 10.4 | 14.1 | 17.5 | 20.1 |
| 1975 - 1976 | 56 | 46 | 17 | 17 | 71 | 3.6 | 5.5 | 6.9 | 8.0 | 9.0 |
| 1976 - 1977 | 20 | 15 | 17 | 11 | 97 | 2.8 | 4.6 | 6.2 | 7.6 | 8.6 |
| 1977 - 1978 | 34 | 48 | 27 | 18 | 164 | 5.0 | 8.4 | 11.0 | 13.4 | 15.6 |
| 1978 - 1979 | 31 | 17 | 17 | 15 | 167 | 4.3 | 7.1 | 9.6 | 12.0 | 14.2 |

tokapasiteetin ylimitoitukseen ja mahdollisesti turhaan pumppaukseen sateisina vuosina. Tarvittava säännöstelyväli ja pinnankorkeusvaihtelut saadaan kuitenkin melko pieniksi. Taulukon 19 arvoja tarkasteltaessa on muistettava, että esim. jaksona 16.5.1959 - 15.5.1960 pumpattavissa ollut vesimäärä olisi arvioitujen kuukausikeskivirtaamien perusteella ollut vain noin puolet havaintojakson 1970 - 1979 kuivimman vuoden 1976 - 1977 pumpattavissa olleesta vesimäärästä. Taulukon 19 mukaan noin 3.0 milj. m³/a pumppaus olisi vaatinut vedensiirtokapasiteettia 0.20 m³/s mutta ottamalla huomioon kuivakausi 1959 - 1960 tarvittavaksi kapasiteetiksi saadaan 0.50 m³/s. Ilmeisesti edullisin ratkaisu on mitoittaa siirtokapasiteetti eri vaihtoehtojen välimuotona.

5.5 Lisävedenpumppauksen vaikutus

Lisävedenpumppauksen vaikutus riippuu vedensiirtosysteemin kapasiteetista ja pumppauksen toteuttamistavasta. Taulukoista 20 ja 21 ilmenevät tarvittavat kesäaikaiset säännöstelyvälit eri vedenotoilla ja lisävedenpumppauksilla mikäli lisävedenpumppaussysteemi on mitoitettu siten, että kuivimmanakin tarkasteluvuotena voidaan pumpata tietty vakio vesimäärä, joka lisäksi on suurin vuosittain pumpattava vesimäärä. Lisävedenpumppaus on arvioitu suoritetuksi vuosittain kesäaikaisen alivirtaamakauden päättymisen ja toukokuun alun välisenä aikana. Kesäajan (15.5 - 15.9) ulkopuolella tarvittavat säännöstelyvälit ovat 5 - 7 cm kesäaikaisia suuremmat johtuen kuivakausien jatkumisesta syksyyn. Altaista saatavissa olevat vesimäärät nousevat lisäveden määrällä, mutta kuten taulukoista ilmenee niin vedenoton lähestyessä keskimääräisen nettotulovalunnan ja lisävedenpumppauksen summaa tarvittava säännöstelyväli kasvaa voimakkaasti. Toisaalta lisävedenpumppausta kasvattamalla ei säännöstelyväliä voida pienentää rajattomasti vaan yksittäiset kuivat kesät (1959) määräävät tarvittavan vähimmäissäännöstelyvälin. Kuviin 7 a ja b on piirretty eri al-

lasvaihtoehtojen mukaiset pinnankorkeudet kuivimpana kesänä (1959) rajoittamattomalla vuotuisella lisävedenpumpkauksella vedenotoilla 3.0 ja 9.0 milj. m³/a.

Taulukko 20

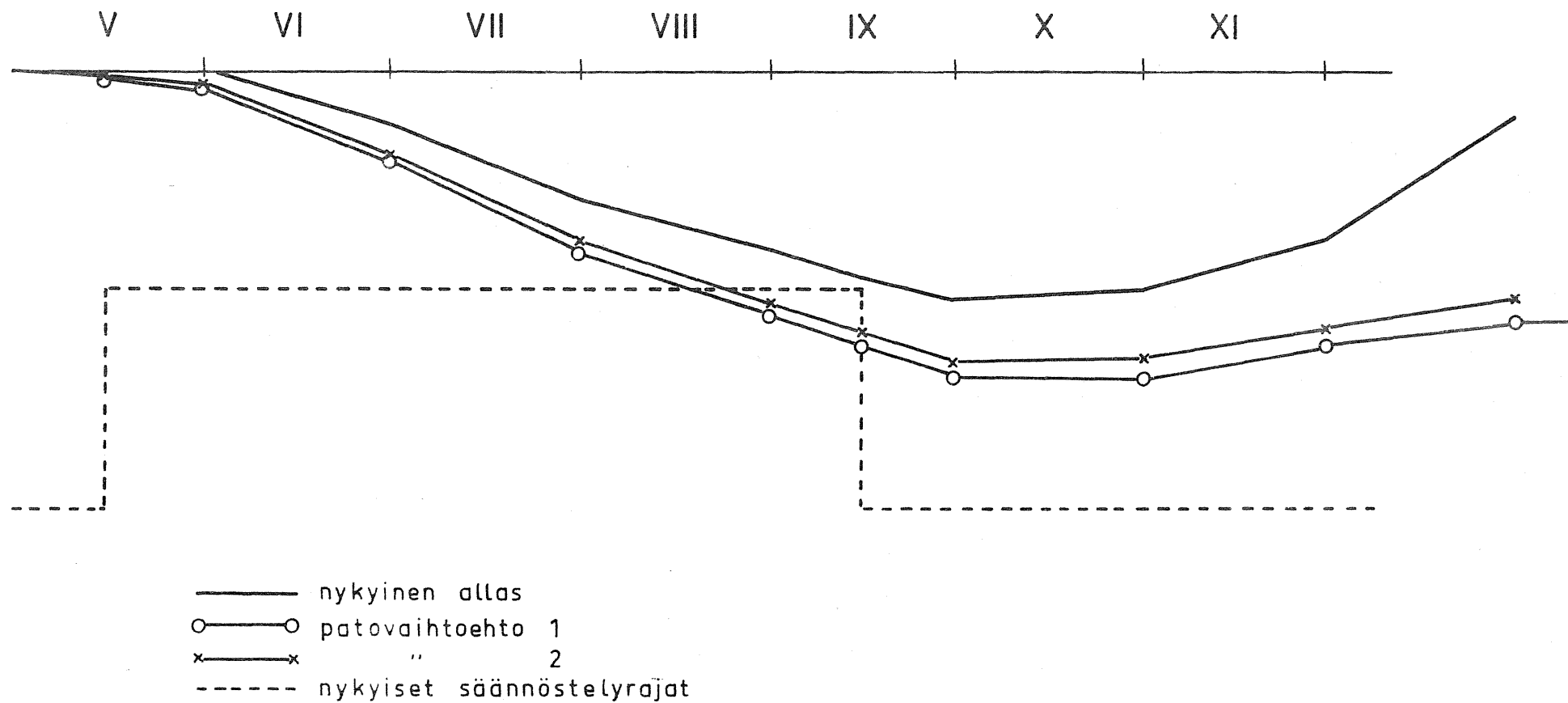
Pienentämisvaihtoehtoon 1 mukaisen altaan tarvittavat kesäaikaiset säännöstelyvälit (cm) eri vedenotoilla ja vuotuisilla lisäveden pumpkauksilla.

| Lisävesi Ve- denotto | 0.0 milj. m ³ /a | 1.0 milj. m ³ /a | 2.0 milj. m ³ /a | 3.0 milj. m ³ /a | 4.0 milj. m ³ /a | 5.0 milj. m ³ /a | 6.0 milj. m ³ /a | 10.0 milj. m ³ /a |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 3.0 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 4.0 | 49 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 |
| 5.0 | 61 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 6.0 | 98 | 64 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| 7.0 | - | 99 | 65 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| 8.0 | - | - | 101 | 67 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| 9.0 | - | - | - | 102 | 68 | 60 | 60 | 60 |
| 10.0 | - | - | - | - | 103 | 69 | 63 | 63 |
| 15.0 | - | - | - | - | - | - | - | 77 |

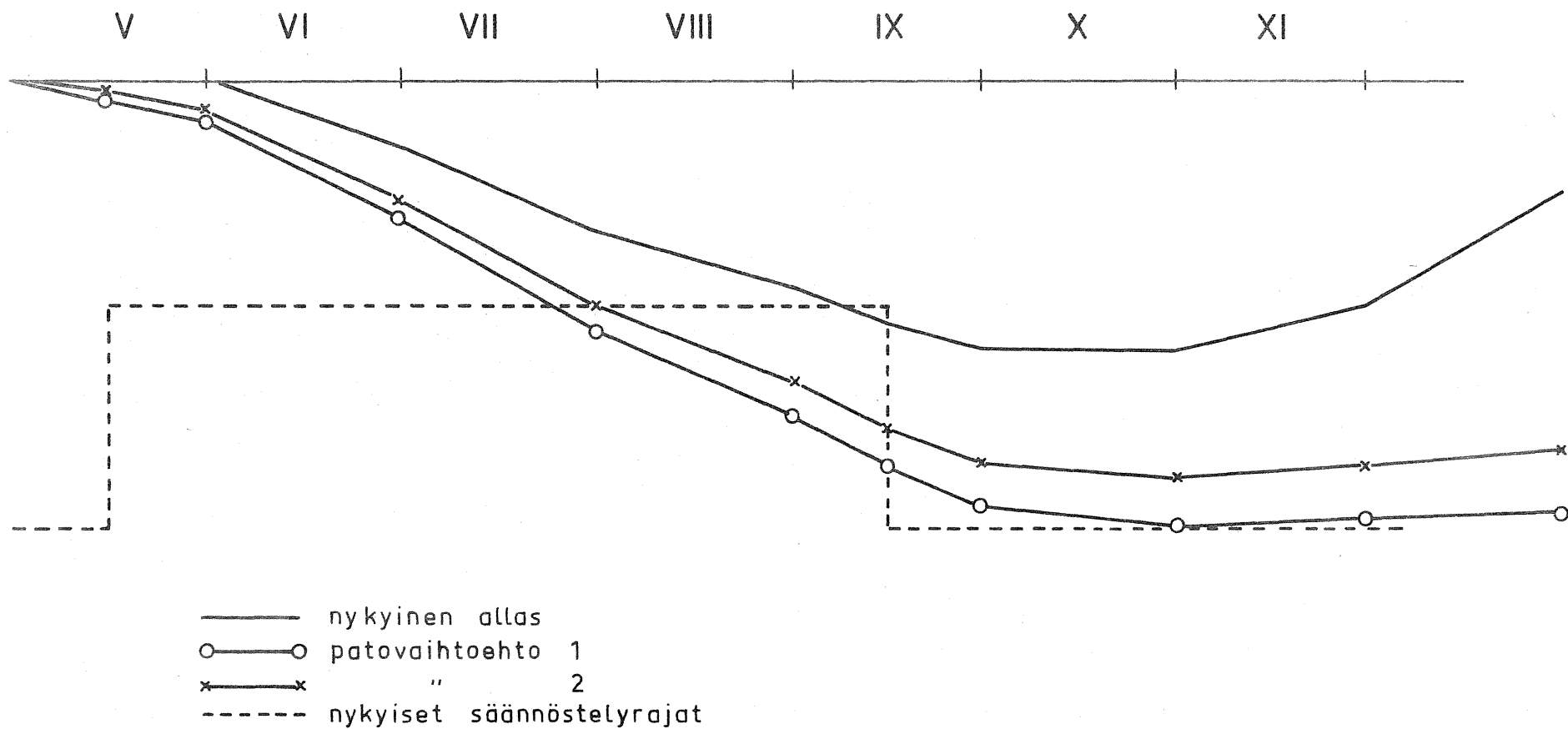
Taulukko 21

Pienentämisvaihtoehtoon 2 mukaisen altaan tarvittavat kesäaikaiset säännöstelyvälit (cm) eri vedenotoilla ja vuotuisilla lisävedenpumpkauksilla.

| Lisävesi Ve- denotto | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 10.0 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 3.0 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 | 43 |
| 4.0 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 5.0 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 |
| 6.0 | 52 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| 7.0 | 67 | 53 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| 8.0 | 94 | 68 | 55 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| 9.0 | 121 | 95 | 69 | 56 | 54 | 54 | 54 | 54 |
| 10.0 | - | 121 | 95 | 70 | 57 | 56 | 56 | 56 |
| 15.0 | - | - | - | - | - | - | 124 | 65 |



Kuva 7 a. Vedenkorkeusvaihtelut kulutuksella 3.0 milj.m³/a tarkastelujakson kuivimpana kesänä (1959) eri allasvaihtoehtoilla mikäli rajoittamaton lisävedenpumppaus on järjestetty.



Kuva 7b. Vedenkorkeusvaihtelut kulutuksella 9.0 milj. m³/a tarkastelujakson kuivimpana kesänä (1959) eri allasvaihtoehtoilla mikäli rajoittamaton lisävedenpumppaus on järjestetty.

Tilanne ei kuitenkaan ole näin yksinkertainen sillä mitoittamalla vedensiirtosysteemi halutun vuotuisen lisävesimäärän ja kuivimman vuoden mukaan joudutaan huomattavaan ylimitoitukseen sateisempina vuosina. Tällöin voidaan ylivuotista säännöstelyä ja myös kesäaikaaisia pinnankorkeusvaihteluja vähentää sateisimpina vuosina, mutta kuivin kesä määrää edelleen tarvittavan säännöstelyvälin ja pinnankorkeusvaihtelut ovat joka tapauksessa vähintään nykyisen altaan pinnankorkeusvaihteluiden suuruusluokkaa. Lisäksi sateisimpien vuosien lisävedenpumpkauksen tehostuessa keskimääräiset nettotulovalunnat kasvavat ja mereen juoksutettava vesimäärä kasvaa, jolloin vesihuollon kannalta turha lisävedenpumpaus kasvattaa raakaveden hintaa vedenpuhdistamalla ja hyödyttää altaan muuta käyttöä pienentämällä keskimääräisiä pinnankorkeusvaihteluja.

Lisävedensiirtosysteemin rakennuskustannuksissa säästetään ja keskimääräistä ylimitoitusta pienennetään huomattavasti jättämällä tarkastelujakson 1950 - 1979 selvästi kuivin vuosi 1959 - 1960 huomioimatta ja mitoittamalla siirtosysteemi seuraavaksi kuivimpien vuosien perusteella. Koska kuivakautena 1959 - 1960 pumpattavissa oleva lisävesimäärä on kuukausikeskivirtaamien perusteella vain noin puolet seuraavaksi kuivimpien jaksojen vesimäärästä on taulukoiden 20 ja 21 avulla arvioituja säännöstelyvälejä suurennettava. Esimerkiksi pienentämisvaihtoehdon 1 mukaisessa altaassa taulukon 20 mukaan $7.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ vedenotto edellyttää $3.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ lisävedenpumpkauksella 55 cm kesäaikaista säännöstelyväliä mutta kuivakautena 1959 - 1960 lisävesimääräksi jää vain noin $1.5 \text{ milj. m}^3/\text{a}$, jolloin ylivuotinen säännöstely korostuu niin paljon, että tarvittavaksi säännöstelyrajaksi saadaan 64 cm ja vasta siirtokapasiteetilla $6.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ päästään säännöstelyväliin 55 cm. Vastaavasti vedenotolla $9.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ ja lisävedenpumpkauksella $5.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ tarvittava säännöstelyväli kasvaa 60 cm:stä 75 cm:iin. Vastaava ilmiö esiintyy myös pienentämisvaihtoehdon

2 mukaisessa taulukossa, mutta keskinäisessä vertailussa havaitaan, että tiettyä vedenottoa vastaavat lisävedentarve ja säännöstelyväli ovat vaihtoehdon 2 mukaisessa altaassa selvästi pienemmät.

Lisäveden siirtokapasiteetin mitoitus vaikuttaa siis suurimpaan tietyllä vedenotolla jouduttavaan säännötelyväliin. Siirtosysteemin käyttöpolitiikan avulla voidaan puolestaan vaikuttaa raakaveden hintaan ja keskimääräisiin pinnankorkeusvaihteluihin. Tarvittavan raakavesimäärän ja sallittujen pinnankorkeusvaihteluiden lisäksi vedensiirtokapasiteetin mitoitukseen vaikuttavat altaan veden laatuun vaikuttavat tekijät, kuten esimerkiksi sallittu/haluttu jokiveden osuus altaan nettotulovalunnasta vuodenajoittain. Tämän johdosta siirtokapasiteetin suuruuden määrittäminen riippuu myös halutusta veden laadun kehityksestä altaassa.

6. Vaikutukset virtauksiin ja veden laatuun

Altaan pienentämisen seurauksena virtausolosuhteet nykyisen altaan alueella muuttuvat ratkaisevasti. Altaan pohjoisosassa Velhovedellä viipymä pienenee ja meriveden pinnan korkeusvaihtelut aiheuttavat huomattavia virtaamia alueella. Ruotsinvedellä viipymä kasvaa ja altaan läpivirtaus poistuu käytännössä lähes kokonaan. Lisäksi veden laadussa tapahtunee muutoksia ainakin meren yhteyteen palaavan Velhoveden alueella ja laatumuutoksia saattaa ilmetä myös makeavesialtaaksi jäävän Ruotsinveden alueella.

6.1 Vaikutukset virtauksiin

Nykyisen altaan virtausolosuhteita ei ole tutkittu, mutta tärkein virtauksia aiheuttava tekijä on altaan tulovirtaama, josta valtaosa (yli 90 %) muodostuu Velhoveden itäpäähän laskevan Sirppujoen virtaamista. Vesi poistetaan altaan etelärannalla olevien sulkuportin ja tulva-aukon kautta. Tarpeen vaatiessa voidaan käyttää myös Vintrinraumassa olevaa sulkuporttia. Nykyisen vedenoton osuus on alle 2 % keskimääräisestä nettotulovirtaamasta. Ulkoisten tekijöiden perusteella voidaan arvioida päävirtaussuunnaksi Velhovedellä länsi ja Velhoveden länsipäästä vesi purkautuu joko Vintrinrauman sulkuportista merelle tai pääosin Iso-Valliluodon ja Vähä-Vallin välisestä aukosta Ruotsinvedelle, jonka eteläreunalta se edelleen purkautuu merelle. Sirppujoen virtaamien epätasaisen jakaantumisen takia purkautuminen ajoittuu lähinnä syksyyn ja kevääseen. Tämä onkin hyvä sikiäli, että purkautumisen aiheuttama virtaus ei sanottavamin haittaa veneliikennettä. Lisäksi tarpeen vaatiessa voidaan purkuaukot sulkea, jolloin virtaus loppuu ja veneliikenne voidaan hoitaa. Altaasta purkautuvan vesimäärän suuruus ja purkautumisajankohta riippuvat lisäksi vallitsevista merivedenpinnan korkeuksista, mutta tämä onkin ainoa suo-

ranainen vaikutus, joka merellä on nykyisen altaan virtausolosuhteisiin.

Ulkoisten tekijöiden lisäksi altaan virtauksiin vaikuttavat tuuli, ilmanpaine-eroista johtuvat pinnankallistukset ja lämpötilaeroista johtuvat virtaukset, mutta nämä eivät tuo altaaseen uutta vettä vaan ainoastaan sekoittavat altaassa jo olevan veden. Nykyisen altaan nettotulovirtaama on keskimäärin noin 141 milj. m³/v ja altaan tilavuuden ollessa n. 165 milj. m³ saadaan keskimääräiseksi viipymäksi noin 14 kk.

Pienennetyn altaan virtausolosuhteet ovat muuten samanlaiset kuin nykyisessäkin altaassa, mutta tulovirtaamat supistuvat selvästi Sirppujoen virtaamien kulkeutuessa altaan ohi. Keskimääräiseksi nettotulovirtaamaksi jääkin ainoastaan 7 - 9 milj. m³/a ja allastilavuuden ollessa noin 90 - 110 milj. m³, pienentämisvaihtoehdosta riippuen, saadaan keskimääräiseksi viipymäksi pienennetyssä altaassa 12 - 13 vuotta. Altaasta purkautuva vesimäärä on niin pieni, että se ei aiheuttane mitään käytännön haittaa.

Nykyisen altaan pohjois-osa palaa altaan pienentämisen seurauksena meren yhteyteen ja virtaukset alueella suurenevät huomattavasti. Pelkästään Sirppujoen virtaamien johdosta keskimääräinen viipymä Velhoveden alueella jää selvästi alle vuoden ja lisäksi meriveden korkeusvaihteluiden aiheuttamat tulo- ja menovirtaamat pienentävät viipymää tehokkaasti. Tällä hetkellä Velhoveden ja meren väliset aukot on tukittu eikä virtausta niin muodoin ole lainkaan, mutta altaan pienentämisen jälkeen Sirppujoen virtaamat ja merivedenpinnan korkeusvaihteluiden aiheuttamat virtaamat, joista jälkimmäiset voivat olla suuruudeltaan moninkertaiset edellisiin verrattuina, johdetaan kokonaisuudessaan näistä aukoista. Aukkoja on 2 - 5 kpl, toteuttamistavasta riippuen, mutta ainoastaan yksi mahdollisista aukoista on

suurempi muiden ollessa hyvin pieniä. Vintrinrauman aukko-kin, joka suurimpana on noin 4 km pitkä, 150 - 400 m leveä ja matalimmillaan keskimerivedenpinnankorkeudella alle 1,5 m syvä salmi, on niin pieni ja suojainen etteivät tuulet sen kautta pääse sekoittamaan merivettä Velhoveteen. Aukkojen pienuudesta ja sijainnista johtuen Suomen rannikkoa pohjoiseen kulkevia merivirtoja ei ilmeisesti tarvitse huomioida Velhoveden veden vaihtuvuutta arvioitaessa.

Varsinkin talvella jään alla saattaa kevyempi jokivesi nousta murtoveden päälle ja levitä laajalle alueelle Velhovedellä. Aukkojen mataluuden ja vähäisen tiheyseron (suuri osa Velhoveden vedestä jokivettä) takia virtaus aukoissa tapahtuu yhtenä sekoittuneena kerroksena ja tiettyinä hetkinä virtausta aukossa tapahtuu vain yhteen suuntaan eikä ilmeisesti ilmene saaristomeren virtaustutkimuksessa /16/ todettua tilannetta, jossa eri kerrosten eri suuntiin tapahtuva yhteenlaskettu virtaama oli huomattavasti nettovirtaamaa suurempi. Kaikenkaikkiaan meriveden pinnankorkeusvaihtelut ja Sirppujoen virtaamat vaikuttavat aukkojen virtaamiin ja edellisten lisäksi myös tuulet, paine- ja lämpötilaerot sekoittavat vettä Velhoveden alueella.

Velhovedellä tapahtuvat ekologiset muutokset riippuvat Velhoveden veden tulevasta laadusta ja siinä ilmenevistä ajoittaisista muutoksista. Näiden selvittäminen edellyttäisi ainakin Velhoveden sisäisten virtausolosuhteiden selvittämistä. Sirppujoen virtaamien ja meriveden pinnankorkeusvaihteluista riippuvien virtaamien suuruuksien ja sattumisajankohtien analysointia sekä eri sekoitussuhteiden (jokivesi/merivesi) vaikutusta veden eri ominaisuuksiin (ph, väri, ravinteet, saasteet jne.). Kyseinen tarkastelu on laajuutensa ja monimutkaisuutensa vuoksi jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle ja tässä tarkastelussa onkin pitäydytty ainoastaan aukoissa tapahtuvien virtausten suuruuksien tarkastelussa.

Sirppujoen virtaamista johtuen on virtaus aukoista merelle

keskimäärin 132 - 135 milj. m^3/a suurempi kuin mereltä Velhovedelle päin. Tämä vastaa keskimäärin tasaista virtausta $4.2 \text{ m}^3/\text{s}$ merelle, mutta on syytä muistaa, että virtaamien epätasaisuuden vuoksi todelliset Sirppujoesta aiheutuvat virtaamat vaihtelevat välillä 0 - $40 \text{ m}^3/\text{s}$, suurimpien virtaamien ajoittuessa kevääseen ja syksyyn, kun taas kesällä virtaama on usein pitkiäkin aikoja $0.00 \text{ m}^3/\text{s}$.

Virtaussuunnan perusteella voidaan olettaa, että aukkoina olevien salmien vesi, mikäli pinnankorkeusvaihtelut ovat tarpeeksi pienet, vähitellen korvautuu Velhoveden vedellä. Tilanteessa jossa Sirppujoen virtaama on $0.00 \text{ m}^3/\text{s}$, Velhoveden vesi vaihtuu ainoastaan pinnankorkeusvaihteluiden avulla. Aukkojen luonne on veden vaihtuvuuden kannalta huono, sillä kaikki aukot ovat pitkiä salmia, joista suurimman, Vintrinrauman, vesitilavuus on vähintään 1.5 milj. m^3 . Myöskään muissa aukoissa ei meriveden nousu Velhovedelle ole mahdollista ilman aukoissa ja aukkojen läheisyydessä olevan veden vaihtumista ja aukkojen kautta Velhovedelle virtaavan vesimäärän kokonaistilavuudeksi onkin arvioitava vähintään 2.0 milj. m^3 ennen kuin merivesi pääsee virtaamaan Velhovedelle. Vastaavasti pinnanlasku aiheuttaa aukkojen meriveden korvautumisen Velhoveden vedellä. Siten pienillä, alle 10 cm, edestakaisilla pinnankorkeusvaihteluilla merivettä kulkeutuu Velhoveteen ainoastaan aukoissa tapahtuvan sekoittumisen kautta ja merivesimäärä jää siten suhteellisen pieneksi. Samanaikaisesti sattuvien Sirppujoen virtaamien vaikutuksesta aukkojen keskimääräinen virtaussuunta muuttuu merelle ja sekoittuminen heikkenee edelleen. Vasta suuremmilla pinnankorkeusvaihteluilla merivesi pääsee nousemaan Velhovedelle ja epäedullisimmissa tilanteessa, jolloin Sirppujoen huippuvirtaamat ($25 - 40 \text{ m}^3/\text{s}$) pystyvät tarvittaessa nostamaan altaan pintaa 10 - 16 cm/d, vasta Sirppujoen vaikutusta suurempi merivedenpinnan nousu aiheuttaa meriveden nousun Velhovedelle, edellyttäen lisäksi aukkojen veden korvaamista pinnannousun avulla. Sekoittumisen kannalta olisi

lisäksi edullista mikäli vedenpinta pysyisi jonkin aikaa ylhäällä, jolloin Velhovedelle noussut merivesi ehtisi sekoittua Velhoveden veteen eikä purkautuisi aukkojen läheisyydestä ensimmäisenä takaisin mereen pinnanlaskun yhteydessä.

Merentutkimuslaitoksen mukaan ylin havaittu merivedenpinta Raumalla on ollut +93 cm ja vastaavasti alin -77 cm keskimerivedenpinnasta. Vastaavia arvoja voidaan pitää oikeina myös Velhovettä ympäröivillä merialueilla. Saaristomeren virtaustutkimuksessa on mainittu ylin Turussa havaittu merivedenkorkeus NN +127 cm jolloin vesi oli noussut 10 tunnin aikana 65 cm ja maksimin saavuttamisen jälkeen laskenut 84 cm 19 tunnin aikana. Esimerkki osoittaa, että ääritilanteissa vedenkorkeuden vaihtelut ovat yllättävän nopeita. Suurimmat vaihtelut osuvat välille syyskuu - tammikuu ja pienimmät välille huhtikuu - heinäkuu.

Uudessakaupungissa on merivedenkorkeudet havaittu päivittäin, Lepäistentien sulkuportin luona, altaan käyttöönoton jälkeen, mutta koska kyseessä on kerran vuorokaudessa tapahtuva havainnointi antaa se ainoastaan vuorokauden aikana tapahtuneen vedenpinnankorkeuden vähimmäismuutoksen. Kuten esimerkiksi ilmeni todellinen pinnanmuutos saattaa tapahtua nopeasti, jolloin hetkelliset virtausnopeudet aukoissa ovat huomattavasti suuremmat kuin keskimääräisten pinnankorkeusvaihteluiden mukaan arvioidut. Lisäksi pinnankorkeusvaihteluiden suunta saattaa vaihdella vuorokauden aikana, jolloin sekä hetkelliset, että vuorokauden aikana tapahtuvat virtaamat ovat arvioituja suuremmat. Virtausnopeuksien suuruutta aukoissa voidaan arvioida meriveden pinnankorkeusvaihteluiden ja Sirppujoen virtaamien perusteella. Suurin havaittu pinnanlasku vuosina 1966 - 1979 oli 66 cm/d. Mikäli Velhoveden pinta seuraa merivedenpintaa, purkautuu aukoista pinnanlaskun edellyttämä vesimäärä lisättynä Sirppujoen virtaamalla. On myös huomattava, että kyseessä on tietyn vuorokautisen pinnankorkeusmuutoksen edellyttämä keskimääräinen

nen minimivirtaus hetkellisten tai todellisten virtaamien saattaessa olla huomattavasti suuremmat.

6.2 Patovaihtoehdon 1 mukaiset virtaamat

Patovaihtoehdon 1 toteuttamisen jälkeen Velhoveden vesipinta-ala on noin 24.0 km^2 mikäli Lounatkarinpuhtin pohjoispuolella oleva Kulju lasketaan mukaan. Mereen yhdistäviä aukkoja on toteuttamistavasta riippuen 2 - 5 kpl (kuva 11). Vedenpinnanlasku 70 cm/d Velhovedellä edellyttää siten $16.8 \text{ milj. m}^3/\text{d}$ virtausta aukoista merelle. Tasaisena virtauksena se vastaa noin $194 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamaa ja tämän lisäksi kulkeutuvat Sirppujoen virtaamat, suurimmillaan noin $40 \text{ m}^3/\text{s}$, Velhoveden läpi merelle, joten aukkojen kokonaisvirtaamaksi vuorokauden aikana saadaan suurimmillaan keskimäärin yli $230 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aukkojen kautta purkautuvia vesimääriä laskettaessa on tehty tiettyjä oletuksia ja oletukset on otettava huomioon tuloksia tarkasteltaessa. Merelle johtavista aukoista kaikki, Vintrinraumaa lukuunottamatta, ovat hyvin kapeita ja niissä kaikissa on osuus, jota voi verrata avouomaan. Laskelmissa on oletettu kapeat aukot peratuiksi samansuuruisiksi ja kapeikkojen ulkopuolelle jäävät aukot niin suuriksi, että ainoaksi virtausta vastustavaksi tekijäksi jäävät peratut kapeikot.

Uomien kaltevuudeksi on valittu 0 o/oo, jolloin virtaus tapahtuu molempiin suuntiin yhtä helposti. Syvyydeksi pinnan korkeudella NN 0.00 valittiin 2.0 m, pohjan leveydeksi 8.0 m ja luiskakaltevuudeksi 60° , jolloin uoman vesipinta-alaksi keskimeriveden pinnankorkeudella NN 0.00 saatiin 18.3 m^2 ja hydrauliseksi säteeksi $R = 1.45$, Manningin kertoimeksi on arvioitu $M = 33$. Avouomien virtaushäviöt on laskettu kaavasta
$$h_f = \frac{L Q^2}{A^2 M^2 R^{4/3}}$$
 ja lisäksi padotusta aiheuttavat

uoman alussa ja lopussa syntyvät häviöt, Uoman alussa pinnanlasku
$$\Delta h_1 = (1 + S_a) \left(\frac{V_{uoma}^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right); V_1^2 = 0.0 \text{ m/s}$$

$$S_a = 0.1$$

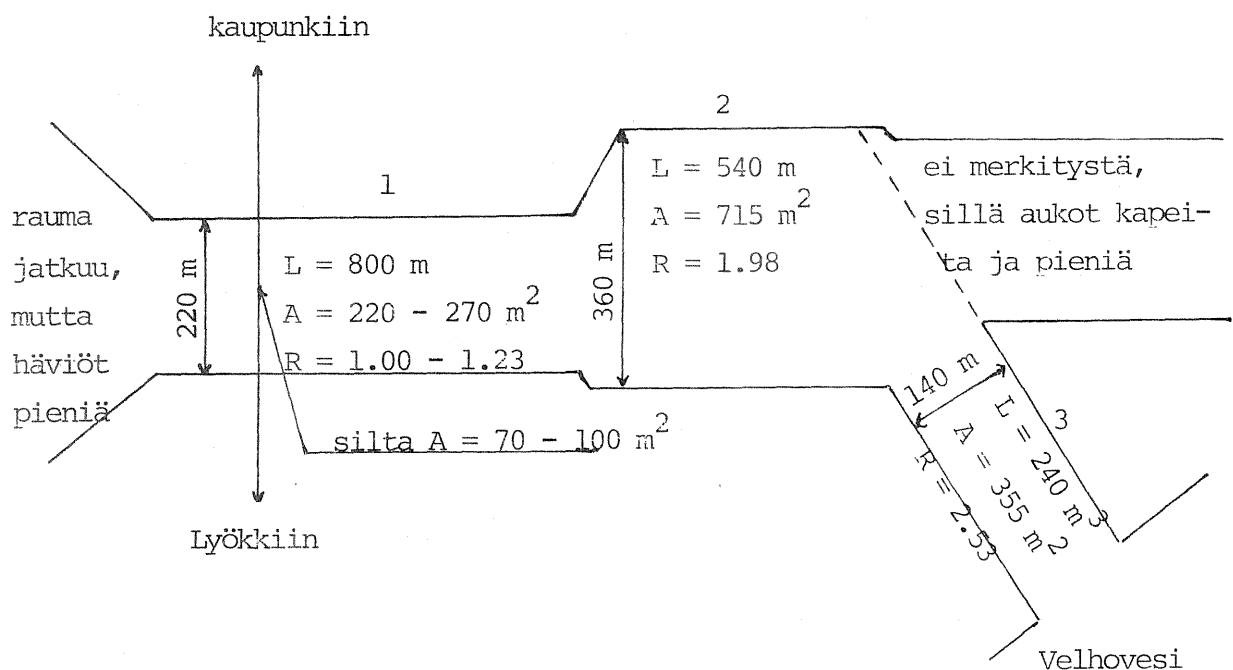
$$\text{Uoman lopussa on pinnannousu } \Delta H_2 = (1 - S_1) \left(\frac{v_{uoma}^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right); \quad v_2^2 = 0.0 \text{ m/s} \quad S_1 = 0.1.$$

Molemmat häviökertoimet on arvioitu melko pieniksi ja kokonais pinnankorkeuden muutoksiksi uoman päiden välillä on saatu $\Delta h_{\text{kok}} = h_f + \Delta h_1 - \Delta h_2 = h_f + 1.1 \frac{v_{uoma}^2}{2g} - 0.9 \frac{v_{uoma}^2}{2g} = h_f + 0.2 \frac{v_{uoma}^2}{2g}$ /14/. Jokaisessa aukossa on kokeilemalla etsitty tiettyjä padotuksia vastaavat virtaamat eri pinnankorkeuksilla. Tarkasteltaviksi pinnankorkeuksiksi on valittu NN - 0.50, NN 0.00 ja NN +0.50 ja padotuksia laskettaessa on oletettu kulloinkin kyseinen pinnankorkeus aukon keskimääräiseksi pinnankorkeudeksi. Manningin kerroin ja luiskakaltevuus on oletettu vakioksi, vaikka todellisuudessa uoman pohjaolosuhteiden vaihdellessa myös kyseiset arvot vaihtelevat.

Lounatkarinpuhtin kautta kulkevassa aukossa on silta-aukot ja kapeikot oletettu niin suuriksi, että ainoa virtausvastusta aiheuttava osuus on 400 m pitkä Siiankarinrauma. Kurjenkarinrauman pituudeksi on arvioitu 80 m ja tämä onkin aukko, jonka kautta merivesi pienimmällä pinnankorkeuden muutoksella nousee Velhovedelle. Koikarinrauman uomapituus on 120 m, mutta siihen on laskettava lisäksi Lyökintien sillan alituksesta aiheutuva uomaosuus 15 m, jolloin kokonaispituudeksi tulee 135 m. Alku- ja loppuhäviöt on Koikarinraumalla laskettava kahdesti. Lisäksi Mannerhaavaisten ja Iso-kaskisten välille on oletettu avattavaksi uusi uoma, jonka pituus on 100 m. Liitteessä 7 on laskettu em. aukkojen tiettyjä kokonaishäviöitä vastaavat virtaamat eri pinnankorkeuksilla.

Vintrinrauman aukon suuruus vaihtelee huomattavasti ja virtaushäviöiden laskemiseksi on aukko jaettu kolmeen osaan,

joiden virtaushäviöt on laskettu erikseen. Osien pituudet, leveydet ja vesisyvyydet on arvioitu Maa ja Vesi Oy:n vuonna 1962 suorittamien syvyyskartoitusten perusteella. Kunkin osan leveys ja syvyys on laskettu kyseisen välin keskiarvona. Lyökintien silta-aukon suuruudeksi meriveden pinnantasolla NN 0.00 arvioitu joko 70 tai 100 m². Virtausvastukset on laskettu sekä perkaamattomalle uomalle että tapauksessa, jolloin ahtaimman osuuden vesipoikkileikkausta on perkaamalla suurennettu 50 m². Tilanne muodostui pelkistettynä seuraavan kuvan mukaiseksi, mikäli vedenpinta on tasolla NN 0.00. (Kuva 8).



Kuva 8.

Vintrinrauman yksinkertaistetut virtausolosuhteet. Uomaosuus 1 on laskettu sekä luonnontilaisena että tilanteessa, jossa on suoritettu perkaus 50 m³/jm.

Liitteissä 8 ja 9 on laskettu tiettyjä pinnankorkeuseroja ja merivedenpinnantasoja vastaavat virtaamat Vintrinraumassa ja lisäksi niiden aiheuttamat virtausnopeudet rauman kaapeimmassa osuudessa eli osuudessa 1. Lyökintien pengeri on

oletettu korvatuksi sillalla siten, että se ei aiheuta lainkaan virtaushäviötä. Kokonaishäviöt on laskettu kullakin pinnankorkeustasolla uomahäviöiden summana, johon on lisätty uoman alussa, poikkileikkauksen muutoksista ja lopusta aiheutuvat muutoshäviöt. Häviökertoimina on edelleen käytetty arvoa 0.1. Tarkastelussa on oletettu vesisyvyys samaksi kaikilla uomaleveysillä, mutta koska uomahäviöt keskittyvät selvästi osuudelle 1, aiheutuu tästä virhe. Virheen suuruutta voidaan arvioida tarkastelemalla erikseen uomaosuuksista 2 ja 3 aiheutuvia häviöitä eri pinnankorkeuksilla ja esim. virtaamalla $80 \text{ m}^3/\text{s}$. Pinnankorkeudella NN -0.50 häviö on 1,6 cm, pinnankorkeudella NN 0.00 1,00 cm ja pinnankorkeudella NN +0.50 0.6 cm. Mikäli uomaosuuden 1 pinnankorkeutena käytetään keskimääräistä pinnankorkeutta on pinnankorkeuden virhearvio muissa uomaosuuksissa alle 30 cm 60 cm:n padotuksella, joten padotusarvon virhe pahimmillaan on $0.6 \text{ cm} \times 30/50 = 0.36 \text{ cm}$ eli virhe on laskentatarkkuus huomioon ottaen mitätön. Vastaavasti peratulla uomalla virhe on vielä edellämainittuakin pienempi.

Liitteessä 10 on laskettu Vintrinrauman kapeimman osuuden keskimääräinen vesipoikkileikkaus, uomaleveys ja Reynoldsin-luku sekä lisäksi silta-aukkojen vesipinta-alan muuttuminen eri merivedenpinnankorkeuksilla. Vastaavat arvot on laskettu myös oletetun perkauksen ($50 \text{ m}^3/\text{jm}$) jälkeen. Liitteessä 11 on laskettu tiettyjä kokonaishäviöitä vastaavat virtaamat Vintrinraumassa eri vedenpinnankorkeuksilla ja silta-aukoilla sekä peratulla että perkaamattomalla uomalla. Silta-aukkojen vedenpinnan korkeuksia on pidetty myös uomaosuuksien keskivedenpinnan korkeuksina. Tiettyä virtaamaa vastaava kokonaishäviö on laskettu uomahäviöiden ja siltahäviön summana, mutta todellisuudessa kokonaishäviö on arvioitua pienempi, sillä siltapadotuksen johdosta sillan yläpuolisen uomaosuuden vesipoikkileikkaus kasvaa ja kyseisen osuuden virtaushäviö pienenee. Kuten edellä on todettu, uomaosuuksilla 2 ja 3 kyseinen virhe on merkityksetön. Tilanteessa, jossa silta on uoma-osuuden 1 puolivälissä, kokonais-

padotus pienenee enimmillään 60 cm:stä 55 cm:iin. Pienimmillä kokonaispadotuksilla virhe pienenee voimakkaasti. Virheen suuruus riippuu kuitenkin virtaussuunnasta, sillä silta ei sijaitse uoma-osuuden puolivälissä vaan noin 160 m päässä uoma-osuuden merenpuoleisesta päästä. Virtaussuunnan ollessa Velhovedeltä merelle virhe kasvaa suurimmillaan noin 9.0 cm:iin kokonaispadotuksen ollessa 60 cm pinnantasolla NN -0.50. Pinnantason noustessa tai kokonaispadotuksen pienentyessä virhe pienenee. Virhe tasoittuu muiden aukkojen vaikutuksesta, sillä osa niiden virtaamista siirtyy Vintrinrauman virtaamaksi ja padotusvirheeksi jää suurimmillaan noin 4 cm. Virtaussuunnan ollessa mereltä Velhovedelle virhe on Vintrinraumassa suurimmillaan noin 2 cm ja tasoituksen jälkeen noin 1 cm. Virhettä voidaan pitää merkityksettömänä kun otetaan huomioon muu laskentatarkkuus. Siltapadotukset on laskettu Seunan Vesirakennuksessa /14 (ss. 108 - 109)/ esittämällä tavalla.

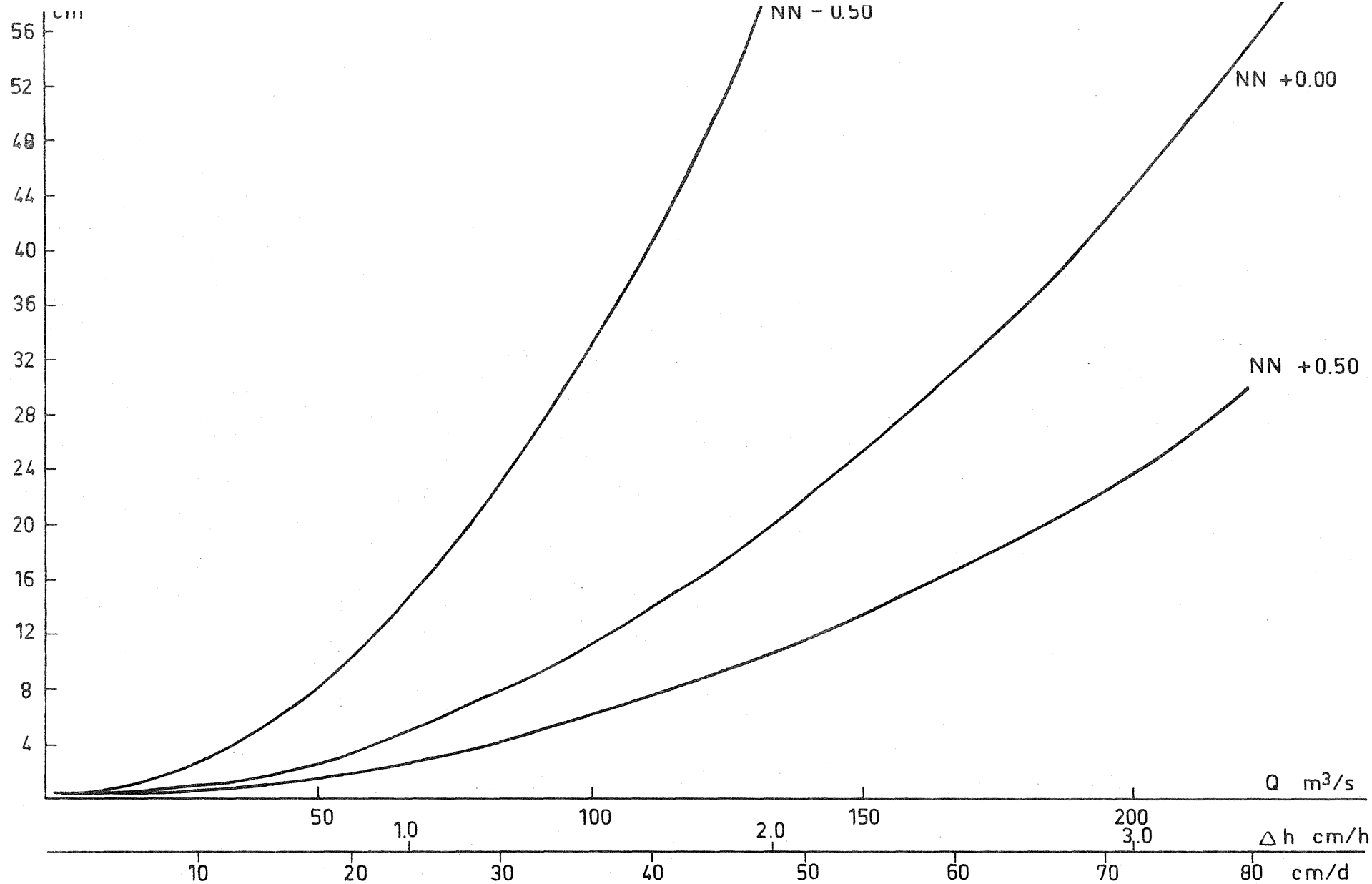
Taulukossa 22 on laskettu eri padotuksia vastaavat kokonaisvirtaamat aukoissa eri pinnankorkeuksilla ja niitä vastaavat Velhoveden pinnanmuutokset cm/h, mikäli Sirppujoen virtaamia ei oteta huomioon. Tarkastelutilanteita on valittu kaksi. Ensimmäisessä on avatuiksi aukoiksi oletettu Lounatkarinpuhtin aukko, Kurjenkarinrauma ja Vintrinrauma perkaamattomana, silta-aukolla B. Toisessa tilanteessa on vertailun vuoksi oletettu lisäksi avatuksi Koikarinrauma, uusi aukko ja Vintrinrauman kapein osuus on oletettu peratuksi $50 \text{ m}^2/\text{m}$ ja silta-aukkona on A. Padotukset, virtaamat ja pinnankorkeusmuutokset eri pinnankorkeuksilla on piirretty kuviin 9 a ja 9 b. Kuvien avulla voidaan arvioida aukkojen virtaamat ja virtausnopeudet seuraavasti: Tietty meriveden pinnanmuutos aiheuttaa korkeintaan samankokoisen pinnanmuutoksen Velhovedellä (tietyn viipymän jälkeen). Meriveden pinnan laskiessa valitaan kuvasta samaa laskunopeutta vastaava kokonaisvirtaama johon lisätään Sirppujoen samanlainen havaittu virtaama. Näin saadun korjatun virtaaman ja aukkojen keskivedenpinnankorkeuden avulla arvioidaan

Taulukko 22 Patovaihtoehdon 1 mukaisen altaan padotus virtaama/pinnankorkeuden muutos eri pinnankorkeuksilla mikäli aukkoina ovat:

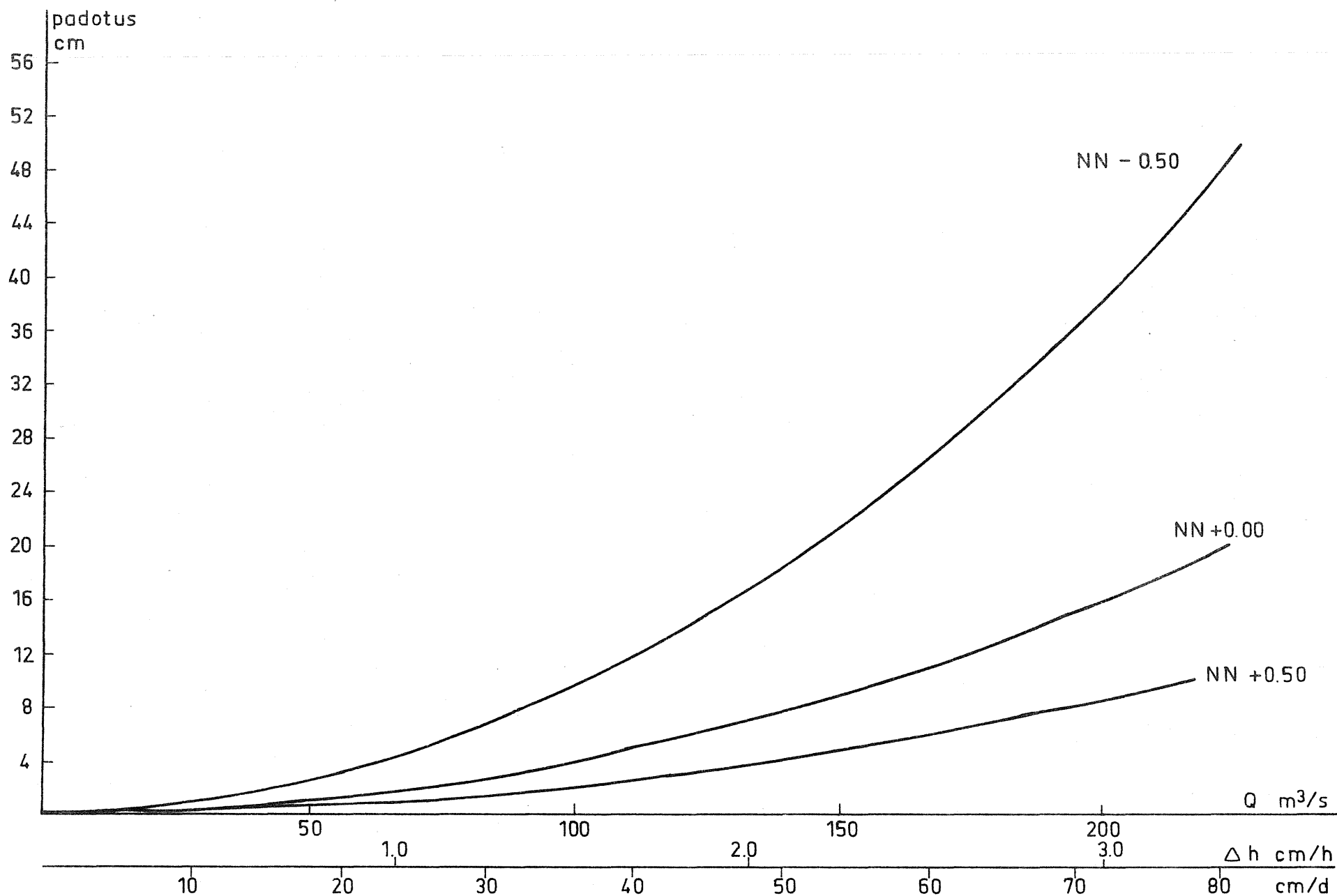
Lounatkarinpuhti, Kurjenkarinrauma ja Vintrinrauma silta-aukolla B (vesipoikkileikkaus 70 m² pinnantasolla NN 0.00)

Kurjenkarinrauma, Koikarinrauma, uusi aukko, Lounatkarinpuhti ja Vintrinrauma perattuna silta-aukolla A (vesipoikkileikkaus 100 m² pinnantasolla NN 0.00)

| NN -0.50 | | | NN 0.00 | | | NN +0.50 | | | NN -0.50 | | | NN +0.00 | | | NN +0.50 | | |
|----------|-------------------|------|---------|-------------------|------|----------|-------------------|------|----------|-------------------|--------|----------|---------------------|--------|----------|---------------------|--------|
| hf | Q | Δh | hf | Q | Δh | hf | Q | Δh | hf | Q | Δh | hf | Q | Δh | hf | Q | Δh |
| (cm) | m ³ /s | cm/h | (cm) | m ³ /s | cm/h | (cm) | m ³ /s | cm/h | (cm) | m ³ /s | (cm/h) | (cm) | (m ³ /s) | (cm/h) | (cm) | (m ³ /s) | (cm/h) |
| 1.0 | 17.31 | 0.26 | 1.0 | 29.2 | 0.44 | 1.0 | 40.4 | 0.61 | 1.0 | 32.1 | 0.48 | 1.0 | 49.6 | 0.74 | 1.0 | 67.8 | 1.02 |
| 3.0 | 30.01 | 0.45 | 3.0 | 53.7 | 0.81 | 3.0 | 70.0 | 1.05 | 3.0 | 55.8 | 0.84 | 3.0 | 86.4 | 1.30 | 3.0 | 118.3 | 1.77 |
| 5.0 | 38.84 | 0.58 | 5.0 | 66.2 | 0.99 | 5.0 | 90.8 | 1.36 | 5.0 | 72.1 | 1.08 | 5.0 | 111.7 | 1.68 | 5.0 | 152.9 | 2.29 |
| 7.5 | 47.64 | 0.71 | 7.5 | 81.3 | 1.22 | 7.5 | 111.6 | 1.67 | 7.5 | 88.3 | 1.32 | 7.5 | 137.1 | 2.06 | 7.5 | 187.9 | 2.82 |
| 10.0 | 54.98 | 0.82 | 10.0 | 93.9 | 1.41 | 10.0 | 129.1 | 1.94 | 10.0 | 102.2 | 1.58 | 10.0 | 158.4 | 2.38 | 10.0 | 217.3 | 3.26 |
| 15.0 | 67.33 | 1.01 | 15.0 | 115.5 | 1.73 | 15.0 | 158.7 | 2.38 | 15.0 | 125.1 | 1.88 | 15.0 | 194.3 | 2.91 | 15.0 | 266.5 | 4.00 |
| 20.0 | 77.87 | 1.17 | 20.0 | 133.3 | 2.00 | 20.0 | 183.6 | 2.75 | 20.0 | 144.5 | 2.17 | 20.0 | 224.6 | 3.37 | 20.0 | 308.2 | 4.62 |
| 25.0 | 86.97 | 1.30 | 25.0 | 149.0 | 2.24 | 25.0 | 205.2 | 3.08 | 25.0 | 161.6 | 2.42 | 25.0 | 251.2 | 3.77 | | | |
| 30.0 | 95.40 | 1.43 | 30.0 | 163.5 | 2.45 | 30.0 | 221.0 | 3.32 | 30.0 | 177.1 | 2.66 | 30.0 | 275.1 | 4.13 | | | |
| 35.0 | 102.90 | 1.54 | 35.0 | 178.3 | 2.67 | 35.0 | | | 35.0 | 191.3 | 2.87 | 35.0 | | | | | |
| 40.0 | 110.06 | 1.65 | 40.0 | 189.0 | 2.83 | | | | 40.0 | 204.5 | 3.07 | 40.0 | | | | | |
| 50.0 | 123.32 | 1.85 | 50.0 | 211.4 | 3.17 | | | | 50.0 | 226.1 | 3.39 | 50.0 | | | | | |
| 60.0 | 133.40 | 2.19 | 60.0 | 231.7 | 3.47 | | | | | | | | | | | | |



Kuva 9a. Patovaihtoehdon 1 mukaisen altaan padotusvirtaamakäyrä eri pinnankorkeuden muutoksilla, eri pinnankorkeuksilla, mikäli aukkoina ovat Lounatkarinpuhti, Kurjenkarinrauma ja Vintrinrauma silta-aukolla B.

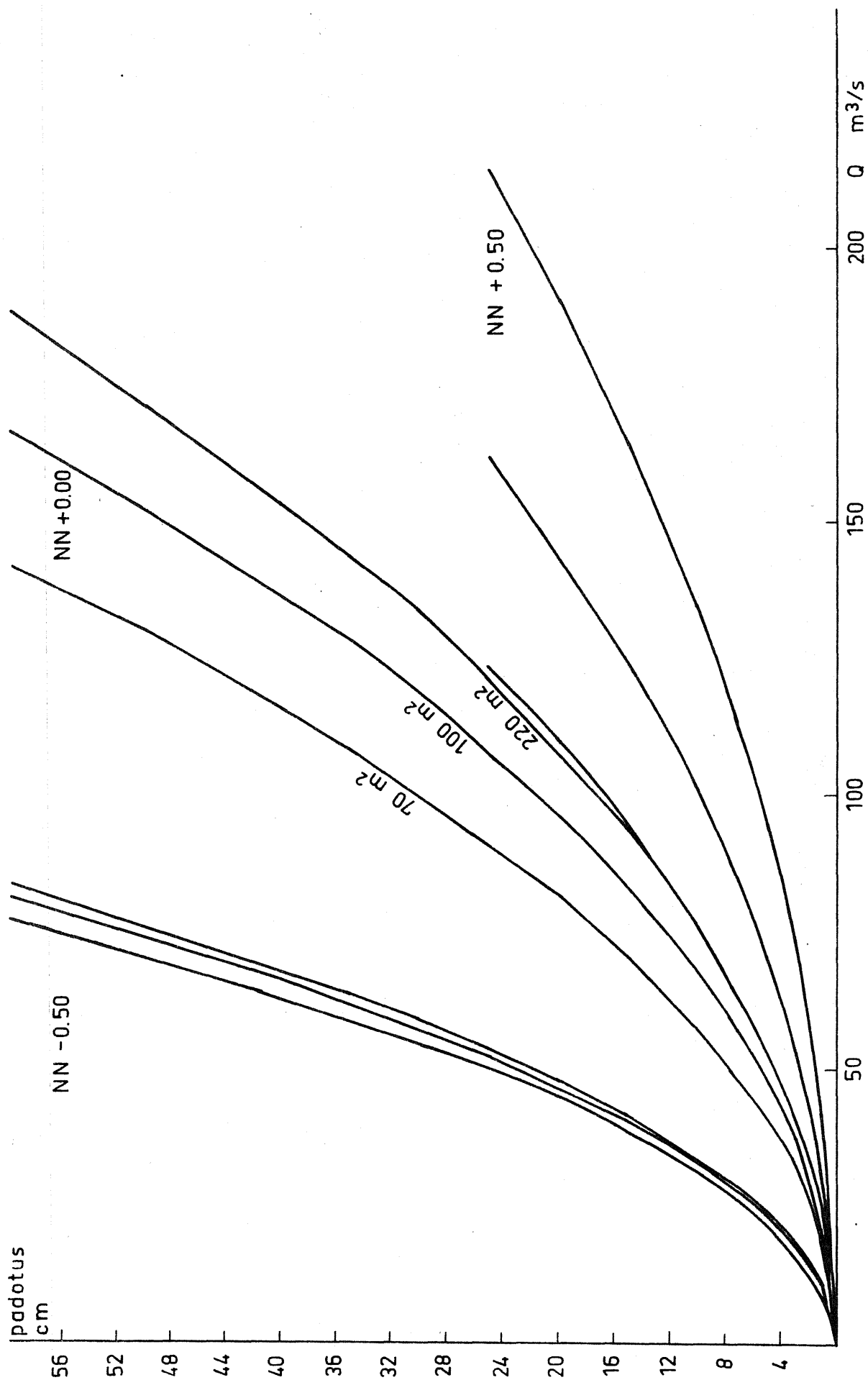


Kuva 9 b. Patovaihtoehdon 1 mukaisen altaan padotusvirtaamakäyrä eri pinnankorkeuden muutoksilla, eri pinnankorkeuksilla, mikäli aukkoina ovat Lounatkarinpuhti, Koikarinrauma, Kurjenkarinrauma, uusi aukko ja Vintrinrauma perattuna silta-aukolla A.

aukkojen padotus ja liitteistä 7 ja 11 voidaan arvioida kunkin aukon kyseistä padotusta vastaava virtaama ja virtausnopeus. Merivedenpinnan noustessa menettely on muuten sama, mutta Sirppujoen virtaama vähennetään aukkojen kokonaisvirtaamasta ennen padotuksen arviointia.

Pinnankorkeudenmuutosten pysyessä melko pieninä myös padotukset pysyvät pieninä ja arviointivirheet jäävät pieniksi. Esim. pinnankorkeudenlasku 20 cm/d aiheuttaa pahimmassa tapauksessa noin 10 cm padotuksen ja lisättynä Sirppujoen max. virtaamalla noin 30 cm padotuksen. Vastaava pinnannousu aiheuttaa 1 - 10 cm padotuksen Sirppujoen virtaamista riippuen. Nopeammilla pinnankorkeusvaihteluilla padotukset kasvavat ja virhemahdollisuus suurenee Vintrinrauman padotuksien arvioinnissa. Tämä on otettava huomioon Vintrinrauman padotuksia, virtaamia ja virtausnopeuksia tarkasteltaessa ja sillan mitoituksessa. Lisäksi on muistettava laskelmien yhteydessä tehdyt oletukset ja se seikka, että pyrkimyksenä ei ole ollut selvittää tarkkoja virtauksia ja padotuksia, vaan niiden suuruusluokka ja sekä pinnankorkeuden että aukkojen suuruuden ja määrän vaikutus niihin.

Silta-aukon koon merkityksen selvittämiseksi on kuvaan 10 piirretty tiettyjä padotuksia vastaavat Vintrinrauman virtaamakäyrät eri pinnankorkeuksilla tilanteessa, jolloin perkaamattoman uoman silta-aukko vaihtelee välillä 70 - 220 m². Kuten kuvasta ilmenee, niin vedenpinnan ollessa lähellä alarajaa ei tiettyä padotusta vastaava virtaama sanottavasti nouse silta-aukon kasvaessa, mutta vedenpinnan noustessa silta-aukon suuruuden merkitys kasvaa selvästi. Padotuksia voidaan siis pienentää vedenpinnan ollessa ylhäällä, mutta silta-aukon merkitys on pieni alhaisilla pinnantasoiilla. Lisäksi Vintrinrauman ja silta-aukon merkitys riippuu muiden aukkojen koosta ja sijainnista. Peratussa uomassa silta-aukon koolla on suurempi merkitys, mutta edelleenkin vaikutus on selvästi pienempi vedenpinnan ollessa alhaalla.



Kuva 10. Silta-aukon koon vaikutus Vintrinrauman virtauksiin eri padotuksilla ja pinnankorkeuksilla.

6.3 Patovaihtoehdon 2 mukaiset virtaamat

Patovaihtoehdon 2 toteuttamisen jälkeen Velhoveden vesipinta-ala on n. 19.2 km^2 mikäli Lounatkarinpuhtin pohjoispuolella oleva Kulju lasketaan mukaan. Mereen yhdistäviä aukkoja on vain kaksi. Vedenpinnanlasku 70 cm/d edellyttää siten $13.4 \text{ milj. m}^3/\text{d}$ virtausta aukoista merelle. Tasaisena virtauksena se vastaa n. $156 \text{ m}^3/\text{s}$ virtausta ja lisäämällä tähän Sirppujoen maksimivirtaamat $40 \text{ m}^3/\text{s}$ saadaan aukkojen kokonaisvirtaamaksi vuorokauden aikana suurimmillaan keskimäärin yli $190 \text{ m}^3/\text{s}$.

Taulukkoon 23 on laskettu aukkojen yhteisvirtaamat eri padotuksilla ja pinnankorkeuksilla. Virtaamat on laskettu sekä tilanteessa jossa Vintrinrauma on perkaamaton ja silta-aukolla B että tilanteessa jossa Vintrinrauma on perattu ja Lyökintielle on rakennettu silta-aukko A. Lounatkarinpuhtin kautta kulkeva aukko on molemmissa vaihtoehdoissa samankokoinen. Laskelmat on suoritettu samoilla oletuksilla kuin patovaihtoehdon 1 mukaisia virtaamia laskettaessa.

Verrattaessa tuloksia tulukon 22 arvoihin voidaan todeta, että tiettyä pinnankorkeuden muutosta vastaavat padotukset ovat patovaihtoehdon 2 mukaisessa tapauksessa suuremmat kuin patovaihtoehdon 1 mukaisessa tapauksessa, mikäli aukot ovat yhtäsuuret. Jos kyseessä on vedenpinnan lasku niin Sirppujoen virtaamat kasvattavat eroa koska aukkojen vedensiirtokyky on pienempi ja tiettyä virtaamalisäystä vastaa siis suurempi padotuksen kasvu. Jos taas kyseessä on vedenpinnan nousu niin Sirppujoen virtaamat pienentävät altaaseen nousevan veden määrää suhteessa enemmän, sillä Sirppujoen virtaamat ovat molemmissa tapauksissa yhtäsuuret ja pienemmän vesipinta-alan tietty nousu edellyttää siten pienempää merivesimäärää. Kaikenkaikkiaan patovaihtoehdon 2 toteutuessa virtaamat ja padotukset merelle päin ovat suuremmat ja vastaavasti on meriveden nousu Velhovedelle vä-

Taulukko 23 Patovaihtoehdon 2 mukaisen altaan padotus-virtaama/pinnankorkeuden muutos eri pinnakorkeuksilla mikäli aukkoina ovat:

Lounatkarinpuhti ja Vintrinrauma silta-aukolla B.

Lounatkarinpuhtin aukko ja Vintrinrauma perattuna silta-aukolla A.

| NN -0.50 | | | NN 0.00 | | | NN 0.50 | | | | NN -0.50 | | | NN 0.00 | | | NN +0.50 | | |
|----------|-------------------|------|---------|---------------------|--------|---------|---------------------|--------|--------|----------|-------------------|------|---------|-------------------|------|----------|-------------------|------|
| hf | Q | Δh | hf | Q | Δh | hf | Q | Δh | | hf | Q | Δh | hf | Q | Δh | hf | Q | Δh |
| (cm) | m ³ /s | cm/h | (cm) | (m ³ /s) | (cm/h) | (cm) | (m ³ /s) | (cm/h) | (cm/d) | cm | m ³ /s | cm/h | cm | m ³ /s | cm/h | cm | m ³ /s | cm/h |
| 1.0 | 12.3 | 0.23 | 1.0 | 21.4 | 0.40 | 1.0 | 29.3 | 0.55 | 13.2 | 1.0 | 18.8 | 0.35 | 1.0 | 28.8 | 0.54 | 1.0 | 38.4 | 0.72 |
| 3.0 | 21.3 | 0.40 | 3.0 | 40.2 | 0.75 | 3.0 | 50.9 | 0.95 | 22.8 | 3.0 | 32.6 | 0.61 | 3.0 | 50.3 | 0.94 | 3.0 | 67.4 | 1.26 |
| 5.0 | 27.6 | 0.52 | 5.0 | 48.8 | 0.91 | 5.0 | 66.2 | 1.24 | 29.8 | 5.0 | 42.2 | 0.79 | 5.0 | 65.1 | 1.22 | 5.0 | 87.2 | 1.64 |
| 7.5 | 33.9 | 0.64 | 7.5 | 59.5 | 1.12 | 7.5 | 81.5 | 1.53 | 36.7 | 7.5 | 51.7 | 0.97 | 7.5 | 80.0 | 1.50 | 7.5 | 107.4 | 2.01 |
| 10.0 | 39.1 | 0.73 | 10.0 | 69.2 | 1.30 | 10.0 | 94.3 | 1.77 | 44.3 | 10.0 | 59.8 | 1.12 | 10.0 | 92.5 | 1.73 | 10.0 | 124.4 | 2.33 |
| 15.0 | 47.9 | 0.90 | 15.0 | 85.3 | 1.60 | 15.0 | 116.0 | 2.18 | 52.3 | 15.0 | 73.3 | 1.37 | 15.0 | 113.6 | 2.13 | 15.0 | 152.6 | 2.86 |
| 20.0 | 55.5 | 1.04 | 20.0 | 98.3 | 1.84 | 20.0 | 134.3 | 2.52 | 60.5 | 20.0 | 84.8 | 1.59 | 20.0 | 131.3 | 2.46 | 20.0 | 176.8 | 3.31 |
| 25.0 | 61.9 | 1.16 | 25.0 | 109.9 | 2.06 | 25.0 | 150.1 | 2.81 | 67.4 | 25.0 | 94.8 | 1.78 | 25.0 | 146.9 | 2.75 | 25.0 | 198.2 | 3.72 |
| 30.0 | 68.0 | 1.27 | 30.0 | 120.7 | 2.26 | 30.0 | 160.7 | 3.01 | 72.2 | 30.0 | 103.9 | 1.95 | 30.0 | 160.9 | 3.02 | 30.0 | 217.0 | 4.07 |
| 35.0 | 73.3 | 1.37 | 35.0 | 130.5 | 2.45 | 35.0 | 171.1 | 3.21 | 77.0 | 35.0 | 112.2 | 2.10 | 35.0 | 174.3 | 3.27 | 35.0 | | |
| 40.0 | 78.4 | 1.47 | 40.0 | 139.6 | 2.62 | 40.0 | | | | 40.0 | 120.0 | 2.25 | 40.0 | 186.2 | 3.49 | 40.0 | | |
| 50.0 | 87.6 | 1.64 | 50.0 | 156.2 | 2.93 | 50.0 | | | | 50.0 | 133.8 | 2.51 | 50.0 | 208.3 | 3.91 | 50.0 | | |
| 60.0 | 95.6 | 1.79 | 60.0 | 171.1 | 3.21 | 60.0 | | | | 60.0 | 146.6 | 2.75 | 60.0 | 229.9 | 4.31 | 60.0 | | |

häisempää kuin vaihtoehdon 1 toteutuessa.

6.4 Muut huomioitavat seikat

Tässä tutkimuksessa ei ole pyritty selvittämään altaan pienentämisestä aiheutuvia virtausmuutoksia kokonaan, vaan on laskettu ainoastaan tiettyjen aukko- ja siltajärjestelyjen aiheuttamat padotukset ja virtaamat tietyillä edellytyksillä. Vasta selvittämällä sallitut padotukset ja virtaamat, läjitysalueet, eri aukkojen syvyys- ja pohja-olosuhteet sekä muut aukkojen sijaintiin ja kokoon vaikuttavat tekijät kuten esim. tiestö- ja tiesuunnitelmat voidaan lopullisten aukkojen sijainti ja suuruus määrätä. On muistettava, että kaikissa esimerkkitapauksissa on oletettu suoritetuksi melkoisia laajennus- ja perkaustöitä.

Kurjenkarinrauma on aukoista se, jonka suurentaminen on helpointa sillä se on lyhin, siihen ei liity avarrettavia salmia eikä laajentaminen vaaranna jo olemassa olevia tieyhteyksiä. Toinen paikka, jossa virtausolosuhteita voidaan edelleen parantaa on Vintrinrauma, jossa joko silta-aukon suurentaminen tai aukon perkaus pienentää padotuksia. Myös uusien aukkojen avaamismahdollisuus tulisi selvittää.

Veden laadun kehittymistä Velhoveden eri osissa ei voida selvittää tarkasti ilman laboratoriokokeita ja Velhoveden sisäisten virtausten tutkimusta esimerkiksi pienoismallien avulla. Suuntaa antavina voidaan pitää havaintoja, joiden mukaan Sirppujoen suualueella tapahtui kalakuolemia noin kerran 10 vuodessa jo ennen nykyisen altaan rakentamista ja Ruotsinveden makeavesialtaan pienentäessä veden vaihtumista silloisesta, voidaan olettaa kalakuolemien yleistyvän mikäli virtausolosuhteita ei muuteta keinotekoisesti

Aukkojen lisäämisen ja suurentamisen ohella tai sijasta me-

riveden sekoittumista Velhoveden veteen voidaan edesauttaa myös keinotekoisilla virtausjärjestelyillä, joiden avulla tulisi järjestää keinotekoinen merivesivirtaus Velhoveden läpi. Virtauksen järjestäminen Velhoveden länsipäässä olevien aukkojen läpi luultavasti parantaisi huomattavasti länsipään veden laatua, mutta Velhoveden itäpään pussiperäluonteen vuoksi vaikutukset itäpäässä saattaisivat jäädä vähäisiksi.

Mikäli potkuri sijoitetaan Velhoveden itäpäähän Lounatkarinpuhtin kautta kulkevaan aukkoon ja virtaussuunnaksi valitaan pohjoinen niin potkuri aiheuttaa Velhoveden läpi kulkevan virtaaman mikäli Sirppujoen virtaama on pienempi kuin potkurivirtaama, mutta Sirppujoen virtaaman kasvaessa virtaussuunta Velhovedellä muuttuu päinvastaiseksi. Seurauksena olisi Velhoveden vedellä laimentuneen jokiveden virtaus Mannervedelle. Jos potkurin aiheuttama virtaus suunnataan etelään niin pienillä Sirppujoen virtaamilla merivesi virtaa Velhovedellä idästä länteen ja Sirppujoen virtaamien kasvaessa jokivesi laimenee heti joen suuaukolla ja laimentunut vesi virtaa merelle Velhoveden länsipään aukoista. Viimeksimainitussa vaihtoehdossa on se etu, että Sirppujoen virtaamat eivät aiheuta haittoja Mannervedellä vaan päinvastoin Mannerveden merivesiosuus kasvaa virtauksen myötä. Potkurin lopullinen sijoittaminen ja mitoitus on kuitenkin suoritettava kokeilemalla tai pienoismalli- ja laboratorio-kokeiden perusteella.

Ruotsinveden veden laadun kehitykseen vaikuttaa altaaseen pumpattavan jokiveden määrä, laatu ja numpausajankohta. Edullisimman ratkaisun löytämiseksi tulisi selvittää pumpattavan jokiveden ja muun nettotulovaluntaan kuuluvan veden laatuvaihtelut vuodenajoittain. Lisäksi viipymän kasvaessa ja virtaamien pienentyessä altaan happitaloudessa saattaa syntyä muutoksia, joilla on ratkaiseva merkitys altaan veden laadun kannalta nykyään altaan pohjalle ker-

rostuneiden aineiden liuetessa takaisin veteen. Virtausolosuhteita ei pidä muuttaa ennen kuin muutoksen vaikutus vedenpuhdistamon raakaveden laatuun tiedetään.

7. Tekninen suunnitelma ja kustannukset

7.1 Yleistä

Altaan pienentämisen toteutuessa joudutaan suorittamaan rakennustöitä, joista tärkeimpänä mainittakoon uusien patopenkereiden rakentaminen, vanhojen purku, lisäveden siirtosysteemin rakentaminen, aukkojen avaaminen ja laajentaminen, siltojen rakentaminen, purku ja uusiminen sekä sulkuporttirakenteiden siirtäminen.

Tarkkoja kustannuksia ei voida määrittää, sillä kustannusten suuruus riippuu mm. vedensiirtosysteemin kapasiteetista, tarvittavien siltojen suuruudesta, sallituista padouksista, veden virtausjärjestelyistä, aukkojen perkauksista ja siistimisestä sekä rakennuspaikkojen pohjaolosuhteista. Kustannukset on laskettu molemmilla vaihtoehdoilla tietyillä edellytyksillä ja varauksilla, jotka on otettava huomioon kustannustasoa tarkasteltaessa. Kyseiset laskelmat ilmaisevat siten vain kustannusten karkean suuruusluokan.

Hankkeen edullisuusvertailua ei ole suoritettu, sillä hankkeen toteuttamisesta aiheutuvat hyödyt ja haitat jakaantuvat hyvin epätasaisesti ja lisäksi suuri osa niistä on hyvin vaikeasti rahassa mitattavissa ja riippuvat lisäksi melkoisesti arvostajan henkilökohtaisista mielipiteistä ja asenteista.

Kuvasta 11 ilmenevät allasalueen yleiskuva ja pienentämisen yhteydessä suoritettavien tärkeimpien muutostöiden sijainnit.

7.2. Pienentämisvaihtoehdon 1 toteuttamisen edellyttämät rakenteet ja rakennustyöt

7.21 Penkereet

Patovaihtoehdon 1 toteuttaminen edellyttää uusien patopenkereiden rakentamista Karjamaan ja Meri-Kaskisten välisiin aukkoihin. Patomassat on laskettu Maa ja Vesi Oy:n vuonna 1962 suorittamien syvyyskartoitusten perusteella. Padon harjan leveydeksi on oletettu 5.0 m ja se on korkeudella NN +2.50 m. Luiskakaltevuudeksi on valittu 1:2 ja kahden syvyyskäyrälukeman keskiarvoa on pidetty padon vedenalaisena korkeutena käyrien välisellä matkalla. Taulukkoon 24 on laskettu eri penkereiden teoreettiset massat.

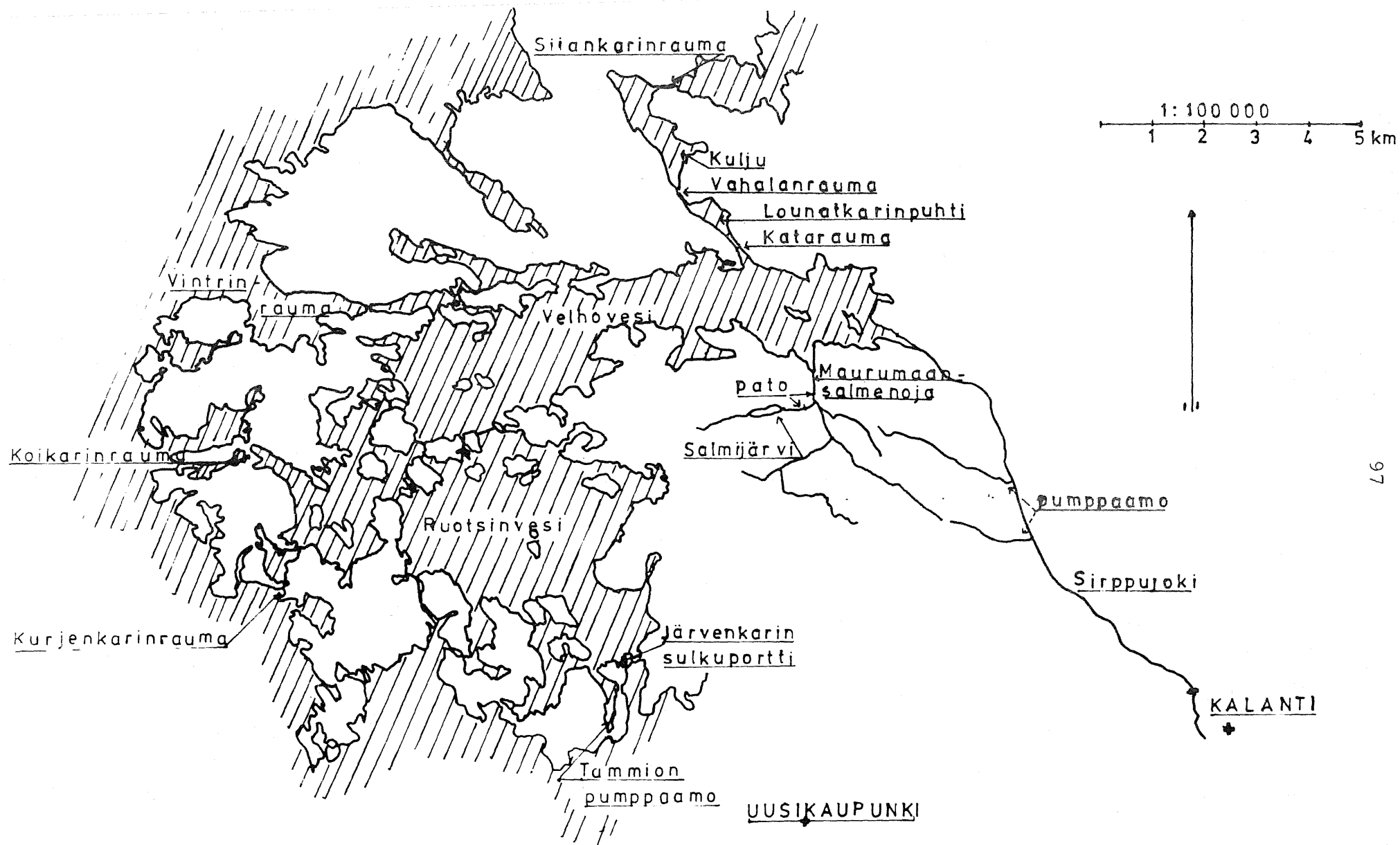
Taulukko 24

Eri penkereiden teoreettiset massat

| Pato | Väli | Pituus | Syvin kohta | m ³ |
|---------------------|------------------------------|--------|-------------|----------------------|
| I | Vähävalli - Karjamaa | 65 m | 2.5 | 3050 |
| II | Vallinmaa - Vähävalli | 270 m | 8.5 | 36450 |
| III | Majanmaa - Vallinmaa | 20 m | 1.0 | 650 |
| IV | Vähä-Ytter - Majanmaa | 140 m | 6.3 | 18975 |
| V | Vähä-Ytter | 20 m | 0.5 | 577 |
| VI | Karvoinenkari - Vähä-Ytter | 20 | 1.0 | 660 |
| VII | Merikaskinen - Karvoinenkari | 140 m | 2.5 | 7735 |
| teoreettiset massat | | | Yhteensä | 68100 m ³ |

7.22 Purettavat penkereet

Velhoveden alueen mahdollisimman hyvä palautuminen luonnon-tilaiseksi edellyttää Velhoveden ja meren välille rakennettujen penkereiden purkamista. Pienentämisvaihtoehdon 1 toteutuessa poistettavissa olevia patoja on neljä: Vahalanraumassa, Vintrinraumassa, Koikarinraumassa ja Kurjenkarinraumassa olevat padot. Patojen pituudet, syvin kohta ja arvioitdut pengermassat ilmenevät taulukosta 25.



KUVA 11 Allasalueen yleiskuva ja tärkeimpien muutostöiden sijainnit.

Taulukko 25

Purettavien penkereiden pengermassat.

| Pato | Pituus | Syvin kohta m | Tilavuus m ³ |
|------------------|--------|---------------|-------------------------|
| Vahala | 60 | 1.50 | 2.100 |
| Vintrinrauma | 165 | 2.40 | 7.500 |
| Koikarinrauma | 10 | 0.90 | 350. |
| Kurjenkarinrauma | 25 | 0.90 | 800 |
| | | Yhteensä | 10.700 m ³ |

Purettavia massoja arvioitaessa on lisäksi otettava huomioon Vintrinrauman aukkoon, tulevaan silta-aukkoon liittyvä, mahdollisesti jätettävä penkereen osa. Vintrinraumassa olevien aallonmurtajien ja laiturien purkaminen lisää purkutyötä. Kannattaa myös harkita Koikarinaukon jättämistä nykyiselleen, sillä aukon mataluudesta ja pienuudesta johtuen sen vaikutus veden vaihtumiseen jää häviävän pieneksi mikäli aukkoa ei suurenneta. Kurjenkarinrauman pohjoispuolelle on mahdollista muodostaa uusi aukko suhteellisen pienellä louhinnalla ja kaivulla.

7.23 Perattavat uomat

Mikäli avattavia aukkoja ei perata jää Vintrinrauma käytännössä ainoaksi aukoksi, jolla on merkitystä veden vaihtumisen kannalta. Lisäksi padotukset ja virtausnopeudet muodostuvat melkoisiksi kuten kappaleessa 6 on todettu. Perattavia uomia ovat Taipalelahden ja Kuljun välissä oleva Siiankarinrauma (nykyinen pohjaleveys 2.0 m, syvyys NN 0.00 tasossa 1.8 m), Kuljun ja Lounatkarinpuhtin välissä oleva Vahalanrauma (vesileveys noin 40 m), Lounatkarinpuhtin ja Velhoveden välissä oleva Katarauma, Vintrinrauma, Koikarinrauma ja Kurjenkarinrauma (nykyinen vesileveys pohjassa 2 m, syvyys NN 0.00 tasossa 1.2 m) niihin liittyvine salmineen sekä mahdollisesti avattava uusi uoma. Perkauksen

suuruus riippuu kunkin aukon halutusta vedensiirtokapasiteetista, sallituista padotuksista ja virtausnopeuksista. Perattavien massojen tarkempi selvitys edellyttää salmien syvyyden ja pohjaolosuhteiden kartoittamista. Vintrinraumassa 1977 suoritettut pohjatutkimukset osoittavat, että uoman perkaus ei edellytä kallioulouhintaa. Kartta- ja maastotarkastelun perusteella louhintaa vaativat ainakin Kurjenkarin- ja Koikarinraumojen laajentamiset. Sitävastoin Siiankarinrauman laajennus voitaneen suorittaa ilman louhintaa.

7.24 Rakennettavat sillat

Vintrinrauman patopenger on ainakin osaksi korvattava sillalla, Katarauman silta joudutaan ehkä uusimaan perkauksen yhteydessä veden vaihtuvuuden parantamiseksi ja Koikarinrauman yli kulkevan tieyhteyden säilyttäminen edellyttää siltaa myös tähän mikäli salmi avataan. Nykyisten tieyhteyksien säilyttämiseksi myös Vahalanrauman ja Kurjenkarinrauman yli on rakennettava sillat, mikä puolestaan rajoittaa kyseisten salmien perkausta. Suoritettavan perkauksen suuruudesta riippuen myös Siiankarinraumassa oleva silta joudutaan ehkä uusimaan. Mikäli Iso-Haavaisten ja Mannerkaskisten välille puhkaistaan aukko niin tieyhteyden säilyttäminen edellyttää siltaa myös tähän aukkoon. Lisäksi täytyy huomioida mahdollisesti rakennettavan Lyökki-Lepäinen tieyhteyden vaikutus siltojen kokoa arvioitaessa. Katarauman silta voidaan korvata myös penkereellä, mikäli veden vaihtuvuus Velhovedellä varmistetaan esimerkiksi pumppaamalla merivettä penkereen yli Velhovedelle.

7.25 Lisäveden siirtosysteemi

Vedenkulutuksen kasvaessa nykyisestä lisävedensiirtosysteemin rakentaminen tulee välttämättömäksi ja siirtokapasiteetti riippuu suurimmasta siirtosysteemin käyttöaikaisista ve-

denkulutuksesta ja sallituista pinnankorkeusvaihteluista. Sirppujoki on sijaintinsa puolesta edullisin (ainoa) lisävesilähde ja vedensiirto vedenpuhdistamolle on suoritettava makeavesialtaan kautta, sillä Ruokolanjärven - Käätyjärven vesistösystemin varastotilavuuden pienuuden johdosta joudutaan käyttämään makeavesialtaan varastotilavuutta Sirppujoen virtaamavaihteluiden tasaamiseen.

Vedenottoa rajoittavat Sirppujoen virtaamavaihtelut ja alajuoksulle jätettävä vähimmäisvirtaama, jonka arvona on yleensä käytetty keskialivirtaamaa; Sirppujoen Puttakosken MNQ = $0.17 \text{ m}^3/\text{s}$. Järjestämällä lisävedenotto Männäistenkosken yläpuolelta varmistettaisiin Kalannin jätevesien kulkeutuminen makeavesialtaan ohi ja estettäisiin meriveden nousu pumpaamolle meriveden pinnankorkeusvaihteluiden yhteydessä, mutta toisaalta pitemmästä siirtomatkasta aiheutuvat suuremmat rakennus- ja käyttökustannukset puoltavat vedenoton järjestämistä joen alajuoksulta mahdollisimman läheltä allasta. Tällöin pumppaamon ohi juoksutetulla virtaamalla on vedenoton kannalta se merkitys että se pienentää pumpattavan veden jätevesipitoisuutta ja estää meriveden nousun pumpaamolle.

Vedensiirtosysteemin mitoituksessa on oletettu vedenkulutuksen nousevan vuoteen 2010 mennessä arvoon $8.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$, jolloin patovaihtoehtoon 1 mukaisessa pienennetyssä altaassa on tarvittava säännöstelyväli taulukon 20 mukaan 57 cm lisäveden pumpppauksella $4.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$. Mikäli lisäveden siirtosysteemi mitoitetaan tarkastelujakson 1950 - 1979 kuivimman vuoden mukaan aiheutuu tästä keskimäärin huomattava ylimitoitus, jota voidaan pienentää mitoittamalla siirtosysteemi 1970-luvulla havaitun kuivimman tarkasteluvuoden perusteella, jolloin tarvittavaa säännöstelyväliä on nostettava 69 cm:iin. Taulukon 19 mukaan $4.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ siirtäminen vuosijaksolla 16.5.1976 - 15.5.1977 olisi edellyttänyt vedensiirtosysteemin siirtotehoksi $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$.

Keskimääräisiä pinnankorkeusvaihteluja voidaan pienentää pumpaamalla sateisina vuosina Sirppujoesta lisävettä yli tarpeen, jolloin mereen juoksutettava vesimäärä kasvaa ja siirtosysteemin käyttökustannusten kasvaessa vedenpuhdistamon raakaveden hinta kasvaa. Käyttökustannusten arviointia vaikeuttaa makeavesialtaan nettotulovaluntaan voimakas vaihtelu, josta johtuen vuosittainen pumpattava lisävesimäärä vaihtelee välillä 0 - 4.0 milj. m³/a mikäli pumpattavalle vesimäärälle on asetettu kyseinen yläraja. Vuosittain pumpattavan vesimäärän arvioimiseksi lasketaan vedenoton 8.0 milj. m³/a edellyttämä keskimääräinen lisävedentarve tarkastelujaksona 1950 - 1979. Keskimääräiseksi lisäveden tarpeeksi saadaan 1.6 milj. m³/a ja vastaavasti vedenotolla 3.0 milj. m³/a on keskimääräinen lisävedentarve 0.1 milj. m³/a. Vuotuisten virtausolosuhteiden vuoksi lisävedenpumpaus on ylimitoitettava, jolloin lisävedenpumppaustarpeen voidaan arvioida nousevan arvosta 0.2 milj. m³/a arvoon 1.8 milj. m³/a 30 vuoden kuluessa. Lisävedenpumppaustarve kasvaa voimakkaasti vedenoton lähestyessä altaan keskimääräistä nettotulovaluntaa. Mikäli oletetaan vedenoton kasvavan tasaisesti arvosta 3.0 milj. m³/a arvoon 8.0 milj. m³/a, kasvaa vastaava lisävedentarve eksponentiaalisesti. Valitsemalla kertomienyhtälöksi $a = (1 + P)^n$ ja ottamalla huomioon alku- ja loppuarvot saadaan p:n arvoksi 0.076. Tämä vastaa 7.6 % vuotuista kasvua. Toinen ongelma on energian hinnankehitys. Arvioimalla energian hinnannousuksi 6.4 % vuodessa ja korkokannaksi 8 % voidaan energian nykyarvon arvioida nousevan 7.6 + 6.4 - 8.0 % = 6.0 % vuodessa, jolloin diskonttaustekijäksi saadaan 30 vuoden käyttöajalla 83.44. Tulos on kuitenkin epätarkka ja virheellinen heti vedenkulutuksen tai energian hinnankehityksen poiketessa ennustetusta. Edelleen energiakustannusten arvioinnissa aiheuttaa virhettä pumppaustehon vaihtelu, sillä tehon pienentyessä virtausvastus pienenee ja tiettyä vesimäärää vastaava energiankulutus pienenee. Vuotuinen energiankulutus voidaan laskea kaavasta:

$$W = \frac{Q \cdot H}{367 \cdot n} \quad [\text{KWh}] \quad \text{jossa}$$

Q = vuotuinen vesimäärä (m^3)

H = nostokorkeus (m)

n = hyötysuhde 0.5

Energian nykyiseksi hinnaksi on arvioitu 0.28mk/kWh.

Siirtolinjan rakennus ja käyttökustannukset on laskettu vain lyhimmästä vaihtoehdosta sillä tarvittavan hetkellisen vesimäärän suuruuden vuoksi kustannukset nousevat niin suuriksi, että on pyrittävä mahdollisimman lyhyeen linjaan. Putkilinjan mitoitus poikkeaa normaalista putkilinjan mitoituksesta sikäli, että vuosittain pumpattava vesimäärä, korkeintaan 4.0 milj. m^3 ja keskimäärin 0.7 milj. m^3/a , on vain pieni osa tarvittavan maksimitehon ($0.35 m^3/s$) mahdollistamasta vuotuisesta pumppauksesta (11.0 milj. m^3/a). Tämän johdosta putkikoon suuretessa ja virtausvastusten pienetessä syntyvät energiasäästöt eivät vaikuta läheskään yhtä suuresti kuin normaalissa vedensiirtolinjassa, jossa virtaus on likipitään vakio. Tämän johdosta putkikokoa määrääväksi tekijäksi on otettu suurin sallittu painehäviö ja virtausnopeus, joka ei saa olla suurempi kuin 2.0 m/s eikä pienempi kuin 0.5 m/s.

Putkistohäviöiden vastuskerroin (f) on laskettu Colebrookin kaavalla /14/:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{k}{3.71 \cdot d} \right) \quad \text{jossa}$$

f = vastuskerroin

Re = Reynoldsin luku

k = absoluuttinen korkeus (mm)

d = putken läpimitta (mm)

Putkistohäviöt on edelleen laskettu kaavalla

$$h_{\text{putk}} = f \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\text{m}), \quad \text{jossa}$$

l = putken pituus (m)

v = virtausnopeus (m/s)

g = vakio 9.81 m/s^2

Pumppaamon sisäiseksi vastukseksi arvioidaan $h_{\text{pump}} = 1.5 \text{ m}$ ja korkeusero h_{geod} arvioidaan kartan avulla. Virtausnopeuksia on lisäksi tarkasteltu sekä tehoilla $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ja $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$. Taulukkoon 26 on laskettu virtausvastukset ja virtausnopeudet eri putkihalkaisijalla virtaamalla $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ja $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$.

Taulukko 26

Virtausvastukset ja virtausnopeudet eri putkihalkaisijoille ja virtaamille $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ja $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$.

| \varnothing (mm) | k (mm) | Q (m^3/s) | V (m/s) | Re | f | h_{putk} (m/km) |
|-----------------------|-----------|----------------------------------|------------|---------|--------|-----------------------------|
| 400 | 1.0 | 0.20 | 1.59 | 439.000 | 0.0250 | 8.1 |
| | | 0.35 | 2.78 | 767.000 | 0.0250 | 24.6 |
| 500 | 1.0 | 0.20 | 1.02 | 351.000 | 0.0240 | 2.5 |
| | | 0.35 | 1.78 | 614.000 | 0.0235 | 7.6 |
| 600 | 1.0 | 0.20 | 0.71 | 294.000 | 0.0230 | 1.0 |
| | | 0.35 | 1.24 | 513.000 | 0.0227 | 3.0 |
| 700 | 1.0 | 0.20 | 0.52 | 241.000 | 0.022 | 0.4 |
| | | 0.35 | 0.91 | 439.000 | 0.022 | 1.3 |
| 370 | 0.25 | 0.20 | 1.86 | 475.000 | 0.0185 | 8.8 |
| | | 0.35 | 3.26 | 832.000 | 0.0185 | 27.1 |
| 462 | 0.25 | 0.20 | 1.19 | 379.000 | 0.0180 | 2.8 |
| | | 0.35 | 2.09 | 666.000 | 0.0175 | 8.4 |

Vertailun vuoksi on vedensiirto ajateltu hoidetuksi kahdella eri tavalla. Ensimmäisenä vaihtoehtona on tarkasteltu pumppaamon sijoittamista Sirppujoen varteen ja veden johtamista paineputkessa koko matkan makeavesialtaalle, jolloin siirtosysteemistä aiheutuvat haitat jäävät pienimmilleen, mutta toisaalta paineputken pituudesta (noin 7000 m) aiheutuvat rakennus- ja käyttökustannukset ovat suurimmillaan.

Kun virtausnopeuksia koskevat rajoitukset otetaan huomioon

on taulukon 26 mukaan käytettävissä ainoastaan putkikoot \varnothing 500, 600 ja 700 mm. Taulukosta 27 ilmenevät kyseisten putkien edellyttämät nostokorkeudet, mikäli vesimäärä pumpataan teholla $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$. Lisäksi taulukosta ilmenevät eri putkikokojen käytöstä aiheutuvien energiakustannusten nykyarvot, mikäli kuoletusaika on 30 vuotta, korkoprosentti 8.0 ja energiankulutuksen sekä hinnankehitys ovat edellä ennustetun mukaiset. Sähkön lähtöhintana on käytetty arvoa 0.28 mk/kWh.

Taulukko 27

Eri putkikokoja vastaavat painehäviöt ja energiakustannusten nykyarvot.

| \varnothing (mm) | L (m) | Q (m^3/s) | h_{geod} (m) | h_{pump} (m) | h_{putk} (m) | h_{kok} (m) | Energiakust. nykyarvo mk | Energiakust. (mk/putkim) |
|-----------------------|----------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 500 | 7000 | 0.35 | - | 1.5 | 53.2 | 54.7 | 1.392.879 | 199 |
| 600 | 7000 | 0.35 | - | 1.5 | 21.0 | 22.5 | 572.939 | 82 |
| 700 | 7000 | 0.35 | - | 1.5 | 9.1 | 10.6 | 269.918 | 39 |

Mikäli oletetaan putkilinjan ja pumpaamon rakennus- ja kaivokustannukset putkikoosta riippumattomiksi voidaan edullisin putkikoko määrätä vertailemalla eri putkikokojen hintoja vastaaviin energiakustannuksiin (mk/putkim). \varnothing 500 mm valurautaputki sg maksaa 513 mk/m ja \varnothing 600 mm putki vastaavasti 663 mk/m, joten siirtyminen putkikokoon \varnothing 600 mm aiheuttaa energiakustannuksissa säästöä 117 mk/m ja lisää rakennuskustannuksia 150 mk/m. Edullisin putkikoko on siis \varnothing 500 mm. Pumpattavan vesimäärän kasvaessa tai energian hinnan noustessa joudutaan kuitenkin harkitsemaan siirtymistä putkikokoon \varnothing 600 mm.

Kyseisen vaihtoehdon toteuttaminen edellyttää siis paineputkea, jonka pituus on 7000 m ja $\varnothing = 500$ mm. Tarvittava pumpaamon nostokorkeus virtaamalla $q = 200 \text{ l/s}$ on 19 m ja vir-

taamalla $q = 350 \text{ l/s}$ 55 m. Koska alueen vesihuolto ei ole suoraan riippuvainen kyseisestä pumpppaamosta voitaneen sallia pumpppaustehon väliaikainen lasku, jolloin varsinaista varapumppua ei tarvita ja tullaan toimeen kahdella pumpulla, joiden yhteinen maksiminostokorkeus virtaamalla $q = 350 \text{ l/s}$ on yli 55 m.

Mikäli aikaisempien oletusten lisäksi oletetaan putkilinja vedetyksi lähes suoraan Sirppujoen ja makeavesialtaan välillä olevien pelto-aukeiden poikki saadaan putkilinjan pituudeksi noin 7000 m. Maaperätutkimuksia ei ole tehty, mutta käyttämällä kaivussyvyytenä 2,5 metriä ja luiskakaltevuutena 1:1 saadaan kaivumassoiksi 61.000 m^3 ja mikäli maaperä kaivussyvyydellä on pääosin savea ja moreenia voidaan kaivukustannuksina pitää keskimäärin 20 mk/m^3 . Mahdollinen louhinta nostaa kaivukustannuksia.

Vahingonkorvauksia on maksettava pumpppaamon edellyttämäästä maa-alueesta, yhden vuoden sadonmenetyksistä putkilinjalla ja putkilinjalla olevasta metsäosuudesta.

Vedensiirtosysteemin kustannusarvioksi saadaan:

| Rakennuskustannukset | a/mk | | |
|---|--------|----|-----------|
| - pumppu 2 kpl | 60.000 | = | 120.000 |
| - pumpaamo 1 kpl | | = | 130.000 |
| - paineputki 7000 m | 513 | = | 3.590.000 |
| - putken asennus 7000 m | 100 | = | 700.000 |
| - putkilinja kaivu ja täyttö 61.000 m^3 | 20 | = | 1.220.000 |
| - tien- ja ojanalitukset yhteensä | | | 60.000 |
| - vahingonkorvaukset | | = | 40.000 |
| Yhteensä | | mk | 5.860.000 |

Lisäksi tulevat vuotuiset käyttö-, valvonta-, huolto- ja korjauskustannukset.

Lisäveden siirto makeavesialtaaseen voidaan suorittaa myös käyttämällä mahdollisimman paljon hyväksi alueella olevia avo-uomia. Sirppujoen alajuoksun pinnankorkeudet seuraavat tarkasti meriveden pinnankorkeuksia, joten alajuoksulle las-

kevan ojan hyväksikäyttö edellyttää uoman suurentamista ja syventämistä sellaiseksi, että vedenpinnan ollessa alimmillaan uoman vedensiirtokyky on vielä $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ kohtuullisilla virtaushäviöillä. Muussa tapauksessa lisävedensiirtoa ei voida suorittaa merivedenpinnan ollessa alimmillaan vaikka se Sirppujoen virtaamien puolesta olisikin mahdollista ja siten pumpattavissa oleva vesimäärä pienenee. Kaivussyvyyden pienentämiseksi voitaneen kuitenkin sallia muutaman pumpauspäivän menetys. Alin havaittu meriveden pinnantaso on NN -1.00 ja valitsemalla uomasyvyyttä määrättäessä määräksi tasoksi esimerkiksi NN -0.70 säädetään kaivukustannuksissa, mutta vastaavasti menetetään joitakin pumpauspäiviä. Taulukkoon 28 on laskettu avo-uoman virtaushäviöt mikäli pohjaleveys on 1.0 m ja luiskakaltevuus 1:1.5. Taulukkoon on lisäksi laskettu virtaushäviöt talviolosuhteissa, jolloin vesisyvyys on mitattu jään alta ja märkäpiiriin on laskettu puolet jään alapinnan leveydestä.

Taulukko 28

Avo-uoman virtaushäviöt vesisyvyyden mukaan kesällä ja talvella.

| vesisy- vyys | A m^2 | P m | R | hf (Q = 0.4) m/1000 m | hf (Q = 0.2) m/1000 m | Huom. |
|-----------------|-------------------|--------|------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| 0.70 | 1.44 | 3.52 | 0.41 | 0.21 | 0.052 | Q = 0.2 - 0.4 m^3/s L = 1000 m M = 35 |
| 0.80 | 1.76 | 3.88 | 0.45 | 0.12 | 0.031 | |
| 0.90 | 2.12 | 4.24 | 0.50 | 0.08 | 0.018 | |
| 1.00 | 2.50 | 4.61 | 0.54 | 0.05 | 0.012 | |
| 1.10 | 2.92 | 4.97 | 0.59 | 0.03 | 0.008 | |
| 1.20 | 3.36 | 5.33 | 0.63 | 0.02 | - | Luiskakaltevuus 1:1.5 Pohjaleveys 1.0 m |
| 1.30 | 3.84 | 5.69 | 0.67 | 0.02 | - | |
| 1.40 | 4.34 | 6.05 | 0.72 | 0.01 | - | |
| 1.50 | 4.88 | 6.41 | 0.76 | 0.01 | - | |
| 0.80 | 1.76 | 5.58 | 0.32 | | 0.048 | |
| 0.90 | 2.12 | 6.09 | 0.35 | 0.12 | 0.029 | Uomassa jääpeite, vesisyvyys jään alta, märkäpiiriin laskettu puolet jään alapinnan leveydestä |
| 1.00 | 2.50 | 6.61 | 0.38 | 0.08 | 0.019 | |
| 1.10 | 2.92 | 7.12 | 0.41 | 0.05 | - | |
| 1.20 | 3.36 | 7.66 | 0.44 | 0.03 | - | |

Valitsemalla uoman pohjakaltevuudeksi 0.05 o/oo ja arvioimalla jääpeitteen paksuudeksi 0.1 - 0.2 m saadaan uoman vähimmäisvesisyvyydeksi noin 1.00 m, jolloin kesäaikaiseksi vesisyvyydeksi on valittava 1.20 m.

Sirppujoen alajuoksulle laskevien uomien hyväksikäyttö vaikeutuu maanpinnan noustessa, sillä kaivussyvyys ja kaivumassat muodostuvat suuriksi. Jo keskimääräisellä maanpinnan korkeudella NN +1.10 ovat uoman mitat kesällä seuraavat:

- vesisyvyys 0.90 - 2.60 m (pinnanvaihtelut NN -1.00 - +070)
- vesipinnan leveys 3.7 - 8.8 m
- vesipoikkileikkaus 2.1 - 12.7 m²
- virtausnopeudet 0.19 - 0.03 m/s ($Q = 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$)
- kuivavara keskimäärin 0.40 - 2.10 m
- kaivettavat massat keskimäärin 16.5 m³/m

Uoman leveydeksi tulee keskimäärin 10 m, joten ottamalla nykyiset uomat huomioon peltohäviöiksi saadaan noin 7 m²/m. Kaivumassat, peltohäviöt ja vedenpinnankorkeusvaihtelut muodostuvat siis melkoisiksi ja lisäksi kulkuyhteyksien säilyttäminen uoman yli vaatii sillat. Kun tilanne lisäksi pahenee maankohoamisen (5.6 cm/10 vuotta) johdosta lienee perusteltua rakentaa pumppaamo lähelle Sirppujoen rantaa ja johtaa vesi paineputkessa vedenjakajan yli Maurumaansalmen ojaan.

Vesi voidaan pumpata Ujunniityn kautta Uusikaupunki - Rautatie-tien alitse Maurumaansalmen ojaan, jolloin paineputken pituudeksi tulee noin 2000 m pumppaamon sijainnista riippuen. Mikäli virtausnopeuksista pidetään kiinni on edullisin putkikoko $\varnothing 500 \text{ mm}$. Korkeuserosta johtuva nostokorkeus on noin 2.0 m, pumppaamon virtausvastus noin 1.5 m ja putkivastus $2 \times 7.6 \text{ m} = 15.2 \text{ m}$, joten kokonaisnostokorkeudeksi virtaamolle $q = 350 \text{ l/s}$ saadaan 18.7 m. Todellisuudessa Sirppujoen rannassa olevan pumppaamon tarvittava tuotto ja

nostokorkeus jäävät arvioituja pienemmiksi, sillä Maurumaansalmenojan valuma-alueen vedet ovat pumpppausaikana pumpattavissa makeavesialtaaseen. Virhettä pienentävät häviöt avouoma osuudella.

Merivedenpinnankorkeusvaihteluiden puuttuessa tarvittavan avo-uoman vähimmäismitat ovat seuraavat:

- vesisyvyys 1.20 m
- vesipinnan leveys 4.6 m
- vesipoikkileikkaus 3.36 m^2
- virtausnopeus 0.12 m/s ($0 = 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$)
- kuivavara vähintään 0.50 m
- kaivettavat massat noin $6.0 \text{ m}^3/\text{m}$

Uoman leveydeksi tulee noin 6.0 m, joten peltohäviöt entisen uoman kohdalla jäävät melko pieniksi.

Maurumaansalmenoja on nykyään vedensiirtokyvyltään niin hyvä, että pelkkä uoman puhdistus riittänee, jotta uomaa voidaan käyttää vedensiirtosysteemin osana. Virtauksen ohjaamiseksi Salmijärveen on Maurumaansalmenojaan rakennettava pato, jonka on kuitenkin oltava avattava, jotta valuma-alueen vedet voidaan juoksuttaa mereen silloin kun lisävetä ei pumpata.

Salmijärven ja Maurumaansalmenojan välinen 750 m pitkä oja on perattava vähintään vesisyvyydelle 1.2 m, jolloin uoma-osuuden virtausvastus on korkeintaan 5 cm. Esimerkiksi pudottamalla Salmijärven pinnankorkeus tasolle NN +0.00 riittää Maurumaansalmenoissa pinnantaso NN +0.05 ylläpitämään siirto-uomassa virtausta $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$. Siirto-uoma on syytä varustaa avattavalla padolla, jotta Salmijärven pinta voidaan nostaa halutulle tasolle aikana, jolloin lisävetä ei pumpata.

Salmijärven länsipäähän on ruopattava avo-ojaa noin 700 m, jonka jälkeen vesi on pumpattava paineputkessa noin 600 m

yli vedenjakajan. Korkeuserosta aiheutuva nostokorkeus on 1.0 m, pumppaamon virtausvastus on 1.5 m ja \varnothing 500 mm putken virtausvastus on $0.6 \times 7.6 \text{ m} = 4.6 \text{ m}$, joten kokonaisnosto- korkeudeksi saadaan 7.1 m virtaamalla $q = 350 \text{ l/s}$.

Paineputken päästä vesi johdetaan avo-uomavirtauksena ma- keavesialtaaseen. Maaston kalvevuuden, 1.5 o/oo, vuoksi ja talviolosuhteita silmälläpitäen uoma on syytä rakentaa por- rastetuksi siten, että vesisyvyys pysyy vakiona ja uomaan syntyy jääpeite. Uoman pituudeksi tulee noin 1100 m.

Vahingonkorvauksia on maksettava pumppaamoiden edellyttämis- tä maa-aloista, yhden kesän sadonmenetyksistä putkilinjan kohdalla ja avo-uomasta aiheutuvasta pelto- ja metsäalan me- netyksestä.

Vedensiirtovaihtoehtoon kustannusarvioksi saadaan:

Rakennuskustannukset

| | | | |
|--|----------|----|-----------|
| - pumppaamo 2 kpl | | | 275.000 |
| - pumppu 2 kpl | 35.000 | = | 70.000 |
| - " 2 kpl | 30.000 | = | 60.000 |
| - avattava pato 1 kpl | 50.000 | = | 50.000 |
| - " 1 kpl | 35.000 | = | 35.000 |
| - 500 mm paineputki 2600 m | 513 | = | 1.334.000 |
| - putken asennus 2600 m | 100 | = | 260.000 |
| - putkilinjan kaivu ja täyttö 23.000 m ³ | 20 | = | 460.000 |
| - tienalitukset yhteensä | | | 25.000 |
| - sillat 70 m ² | 3.000 | = | 210.000 |
| - avo-uoman kaivu ja perkaus | | | |
| - Sa $3200 \times 1 + 3.6 \times 1850 =$ 9.860 m ³ | 6 | = | 59.000 |
| - Mr $2,4 \times 1850 = 4440 \text{ m}^3$ | 12 | = | 53.000 |
| - TuLj $6 \times 700 = 4200 \text{ m}^3$ | 6 | = | 25.000 |
| - ylijäämään poiskuljetus; 0.5 m pinnasta jää pelloille $3.4 \times 1850 = 6290 \text{ m}^3$ | 6 | = | 38.000 |
| - vahingonkorvaukset | | = | 65.000 |
| | Yhteensä | mk | 3.020.000 |

Lisäksi tulevat vuotuiset käyttö-, valvonta-, huolto- ja korjauskustannukset.

Kyseisiä kustannusarvioita tarkasteltaessa on otettava huomioon niissä tehdyt oletukset ja epävarmuustekijät ja on huomattava että kyseessä on alustava suunnitelma eikä rakentamissuunnitelma. Rakentamissuunnitelma edellyttää runsaasti maastotöitä, joiden avulla on selvitettävä pumppaamojen, penkereiden, patojen, siltojen, avo-uomien ja putkilinjojen maaperä ja korkeusolosuhteet, korkeimpien luiskien vahvistustarpeet, vedensiirtosysteemin eri vedenpinnankorkeuksia vastaavat haitta-alueet, läjitysalueet ja lisäksi uomien ja tilustiesiltojen lopullista sijoittelua tehtäessä on syytä ottaa yhteyttä alueen maanomistajiin. Kustannuksia voidaankin pitää ainoastaan suuntaa antavina. Siirtolinjan pinnankorkeuksista aiheutuvat vahingot puuttuvat kustannusarvioista.

Myös Suurikkalan läpi Sirppujokeen laskevan ojan virtaamien kääntäminen Härkäojaan ja kyseisen uomajärjestelyn hyväksikäyttö vedensiirrossa tulisi selvittää. Ensimmäisen vaihtoehdon kustannuksia voidaan pienentää korvaamalla paineputken loppuosa avo-uomalla. Lisäksi voidaan pumppaamo siirtää lähemmäksi makeavesiallasta, mutta se edellyttää Sirppujoen ja pumppaamon välisen avo-uoman laajentamista niin suureksi, että pumppausteho ei ole riippuvainen merivedenpinnan korkeudesta.

7.26 Muut rakenteet

Nykyisten vesiyhteyksien säilyttäminen edellyttää sulkuporttia uuteen patoon. Vintrinraumassa olevan sulkuportin siirtomahdollisuudet on syytä tutkia ja käyttökelpoiset osat tulee siirtää uuteen rakenteeseen. Maa ja Vesi Oy on arvioinut venesulun rakentamisen maksavan noin 1.5 milj. mk.

Velhovedelle mahdollisesti jäävien ekologisten haittojen poistamiseksi tulisi harkita keinotekoisien virtauksen järjestämistä siten, että esimerkiksi Mannerveden vettä johdetaan pintavirtauspotkurin tai pumppauksen avulla Lounatka-

rinpuhtin kautta Velhovedelle, jolloin veden sekoittuminen ja vaihtuminen Velhovedellä tehostuisi huomattavasti ja muiden aukkojen perkaustarve mahdollisesti pienenesi. Tehtyjen tiedustelujen mukaan pintavirtauspotkurijärjestelmä, jonka teho olisi Sirppujoen keskivirtaaman, $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$, luokkaa, maksaisi noin 500 000 mk.

Lisäksi tulee ottaa huomioon sulkunorttien ja virrankehittimen käyttö, valvonta-, huolto- ja korjauskustannukset.

7.3 Pienentämisvaihtoehdon 2 toteuttamisen edellyttämät rakenteet ja rakennustyöt

7.31 Penkereet

Patovaihtoehdon 2 toteuttaminen edellyttää uusien patopenkereiden rakentamista välille Karjamaa - Kukainen. Patomas-
sat on laskettu vuonna 1962 suoritettujen syvyyskartoitusten perusteella. Paton harjan leveydeksi on valittu 5.0 m ja korkeudeksi NN +2.50. Luiskakalvetuutena laskuissa on käytetty 1:2 ja kahden syvyyskäyrälukeman keskiarvoa on pidetty paton vedenalaisena korkeutena käyrien välissä. Molemmissa pienentämisvaihtoehdoissa penkereet I, II ja III ovat yhteisiä ja pienentämisvaihtoehdossa 2 on penkereet IV, V, VI ja VII korvattu penkereillä IV_2 , V_2 ja VI_2 .

Pengerryssmassoiksi saadaan siten:

| Pato | Väli | Pituus | Syvin kohta | m^3 |
|------------------------------|----------------------|--------|-------------|--------------|
| I - III | | | | 40.150 |
| IV_2 | Korppinen - Majamaa | 230 m | 5.5 m | 23.200 |
| V_2 | Rysykari - Korppinen | 85 m | 3.2 m | 5.650 |
| VI_2 | Papinmaa - Rysykari | 36 m | 1.5 m | 1.350 |
| Teoreettiset massat yhteensä | | | | 70.350 |

7.32 Purettavat penkereet

Pienentämisvaihtoehdon 2 toteutuessa purettavia penkereitä ovat ainoastaan Vintrinrauman ja Vahalanrauman penkereet, joiden yhteinen pengermassa on noin 9.600 m^3 . Lisäksi purettavia massoja arvioitaessa on huomioitava Vintrinraumassa olevien aallonmurtajien ja laiturien purkaminen ja toisaalta tulevaan silta-aukkoon liittyvä mahdollisesti säilytettävä penkereen osa.

Uusien aukkojen aukaiseminen ei ole kohtuullisin kustannuksien mahdollista ja veden vaihtumista voidaankin tehostaa ainoastaan perkaamalla olemassa olevia aukkoja ja järjestämällä alueelle keinotekoisia virtauksia.

7.33 Perattavat uomat

Käytännössä ainoastaan Vintrinrauman aukolla on merkitystä veden vaihtumisen kannalta, sillä Lounatkarinpuhtin kautta tapahtuva veden vaihtuminen on niin vähäistä luonnon olosuhteissa, että sillä ei ole vaikutusta Velhoveden veden laatuun. Edullisin perattava paikka on Vintrinrauma, mutta rauman pituuden vuoksi kustannukset nousevat helposti hyvin suuriksi. Lounatkarinpuhtin kautta kulkevan aukon merkitys paranee hieman mikäli aukkoon liittyvät kapeikot perataan, mutta aukon suuren vesitilavuuden vuoksi perkauksella on suurempaa merkitystä vain mikäli järjestetään aukon kautta virtaus Velhovedelle. Molemmissa aukoissa perkaus voitaneen suorittaa ilman louhintaa.

7.34 Rakennettavat sillat

Vintrinrauman patobenger on ainakin osaksi korvattava sillalla ja silta-aukon suuruus riippuu sallittavista virtausnopeuksista ja padotuksista salmessa. Katarauman silta jou-

dutaan ehkä uusimaan perkauksen yhteydessä veden vaihtuvuuden parantamiseksi tai silta voidaan myös korvata penkereellä mikäli veden vaihtuvuus Velhovedellä varmistetaan pumppaamalla merivettä penkereen yli Velhovedelle. Nykyisten tieyhteyksien säilyttämiseksi myös Vahalanrauman ja Siiankarinrauman yli on rakennettava sillat, mikä puolestaan rajoittaa kyseisten salmien perkausta.

7.35 Lisävedensiirtosysteemi

Pienentämisvaihtoehtoon 2 mukaisen altaan nettotulovalunnat ovat keskimäärin $2.5 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ suuremmat, mutta niiden suuri vuosittainen vaihtelu aiheuttaa sen, että myös tämän vaihtoehtoon toteuttaminen edellyttää lisävedensiirtosysteemin rakentamista. Vaihtoehtojen keskinäisen vertailun helpottamiseksi on lisävedensiirtosysteemi mitoitettava samoilla perusteilla molemmissa pienentämisvaihtoehtoisissa.

Vedenotolla $8.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ on tarvittava säännöstelyväli taulukon 21 mukaan 55 cm lisävedenpumpauksella $2.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$. Mikäli lisävedensiirtosysteemi mitoitetaan 1970-luvulla havaittujen virtaamien perusteella on tarvittava säännöstelyväli nostettava 60 cm :iin. Taulukon 19 mukaan 2.0 milj. m^3 siirtäminen vuosijaksona 16.5.1976 - 15.5.1977 olisi edellyttänyt vedensiirtosysteemin siirtotehoksi $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vuosittain pumpattava lisävesimäärä on $0 - 2.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ vuosittaisesta nettotulovalunnasta riippuen. Vedenoton $8.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ edellyttämä keskimääräinen lisävedentarve tarkastelujaksona 1950 - 1979 olisi ollut $0.63 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ ja vastaavasti vedenotolla $3.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ keskimääräinen lisävedentarve olisi ollut $0.07 \text{ milj. m}^3/\text{a}$. Kun otetaan huomioon lisäveden pumpauksen ylimitoitus voidaan arvioida pumppaustarpeen nousevan arvosta $0.15 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ arvoon $0.75 \text{ milj. m}^3/\text{a}$. Tämä vastaa 5.6% vuotuista kasvua. Arvi-

oimalla energian hinnannousuksi 6.4 % ja korkokannaksi 8 % voidaan energian nykyarvon arvioida nousevan $5.6 + 6.4 - 8.0 = 4.0$ % vuodessa. 30 vuoden käyttöajalla saadaan diskonttaustekijäksi 58.33. Tulos on kuitenkin epätarkka ja virheellinen heti vedenkulutuksen tai energian hinnankehityksen poiketessa ennustetusta. Pumppausteho ja virtausvastus ovat kuitenkin vakiosuuruiset.

Taulukkoon 29 on laskettu virtausnopeudet ja virtausvastukset eri putkihalkaisijoille virtaamalla $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$. Mikäli virtausnopeuden maksimiarvona pidetään 2.0 m/s on valurautaputkista $\varnothing = 400 \text{ mm}$ ja muoviputkista $\varnothing = 370 \text{ mm}$ pienin sallittu putkikoko.

Taulukko 29

Virtausnopeudet ja virtausvastukset eri putkihalkaisijoilla virtaamalla $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$.

| \varnothing (mm) | K (mm) | Q (m^3/s) | V m/s | Re | F | $h_{\text{putk.}}$ (m/km) |
|-----------------------|-----------|----------------------------------|----------|---------|--------|------------------------------|
| 300 | 1.0 | 0.20 | 2.83 | 585.000 | 0.027 | 36.7 |
| 400 | 1.0 | 0.20 | 1.59 | 439.000 | 0.025 | 8.1 |
| 500 | 1.0 | 0.20 | 1.02 | 351.000 | 0.024 | 2.5 |
| 301 | 0.25 | 0.20 | 2.81 | 583.000 | 0.0195 | 26.1 |
| 370 | 0.25 | 0.20 | 1.86 | 475.000 | 0.0185 | 8.8 |
| 462 | 0.25 | 0.20 | 1.19 | 379.000 | 0.0180 | 2.8 |

Ensimmäisessä vaihtoehdossa tarkastellaan jälleen tilannetta, jossa lisävesi siirretään paineputkessa koko 7000 m siirtomatkan. Taulukossa 30 on laskettu eri putkihalkaisijoiden edellyttämät nostokorkeudet ja energiakustannusten nykyarvot pumppausteholla $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ja 30 vuoden kuoletusajalla. Sähkön lähtöhintana on käytetty 0.28 mk/kWh .

Taulukko 30

Eri putkikokoja vastaavat painehäviöt ja energiakustannusten nykyarvot.

| d (mm) | k (mm) | Q (m ³ /s) | V (m/s) | h _{geod} (m) | h _{pump} (m) | h _{putk} (m) | h _{kok} (m) | Energiakust. nykyarvo (mk) | Energia- kust. (mk/ putkim) |
|-----------|-----------|--------------------------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 400 | 1.0 | 0.20 | 1.59 | - | 1.5 | 56.7 | 58.2 | 777.012 | 111 |
| 500 | 1.0 | 0.20 | 1.02 | - | 1.5 | 17.5 | 19.0 | 253.664 | 36 |
| 370 | 0.25 | 0.20 | 1.86 | - | 1.5 | 61.6 | 63.1 | 842.432 | 120 |
| 462 | 0.25 | 0.20 | 1.19 | - | 1.5 | 19.6 | 21.1 | 281.700 | 40 |

Kun otetaan huomioon, että Ø 400 mm valurautaputki maksaa 386 mk/m, Ø 500 mm valurautaputki 513 mk/m, Ø 370 mm muoviputki 341,5 mk/m ja Ø 462 mm muoviputki 494,0 mk/m voidaan todeta Ø 370 mm muoviputki kokonaiskustannuksiltaan edullisemmaksi. Muoviputken käyttöä tukee vielä helpompi ja halvempi asennus vastaavaan valurautaputkeen verrattuna.

Kyseisen vaihtoehdon toteuttaminen edellyttää siis 7000 m pitkää paineputkea, jonka sisähalkaisija on 370 mm ja pumpaamon nostokorkeudeksi tuotolla $q = 200$ l/s saadaan 64 m.

Vahingonkorvaukset on arvioitu saman suuruisiksi kuin pienentämisvaihtoehdossa 1.

Vaihtoehdon kustannusarvoksi saadaan:

Rakennuskustannukset

| | | | |
|---|--------|----|-----------|
| - pumppu 1 kpl | 55.000 | = | 55.000 |
| - pumppaamo | | = | 120.000 |
| - paineputki 7000 m | 341.50 | = | 2.390.000 |
| - putken asennus 7000 m | 45 | = | 315.000 |
| - kaivu ja täyttö 58.000 m ³ | 20 | = | 1.160.000 |
| - tien ja ojanalitukset | | = | 60.000 |
| - vahingonkorvaukset | | = | 40.000 |
| Yhteensä | | mk | 4.140.000 |

Lisäksi tulevat vuotuiset käyttö-, valvonta-, huolto- ja korjauskustannukset. Vahingonkorvaukset on maksettava yhden kesän sadonmenetyksestä ja putkilinjalla olevasta vähäisestä metsäosuudesta.

Lisäveden siirto makeavesialtaaseen voidaan suorittaa myös käyttämällä mahdollisimman paljon hyväksi alueella olevia avo-uomia. Siirrettävä vesimäärä on 200 l/s, joten avo-uoman vesipinta-alaa voidaan pienentää pienentämisvaihtoehtoon 1 mukaisesta avo-uomasta. Taulukkoon 28 on laskettu avo-uoman virtaushäviöt mikäli pohjaleveys on 1.0 m ja luiskakalvevuus 1:1.5. Taulukkoon on lisäksi laskettu avo-uoman virtaushäviöt talviolosuhteissa, jolloin vesisyvyys on mitoitettu jään alta ja märkäpiiriin on laskettu puolet jään alapinnan leveydestä. Valitsemalla uoman pohjakaltevuudeksi 0.05 o/oo ja jään paksuudeksi 0.1 - 0.2 m saadaan uoman vähimmäisvesisyvydeksi 0.80 m, joten kesäaikainen vesisyvyys on 1.0 m.

Veden pumppaus Sirppujoesta Maurumaansalmen ojaan aiheuttaa \varnothing 370 mm muoviputkessa virtaamalla $q = 200$ l/s virtausvastuksen $2 \times 8.8 \text{ m} = 17.6$, pumppaamon virtausvastus on 1.5 m ja korkeuserosta johtuva nostokorkeus on 2.0 m, joten tarvittava nostokorkeus on 21.1 m. Todellisuudessa Sirppujoesta pumpattava vesimäärä jää arvioitua pienemmäksi osan korvautuessa Maurumaansalmenojan valuma-alueen vedellä. Virhe pienenee uoma-osuuden häviöiden vaikutuksesta.

Merivedenpinnankorkeusvaihteluiden puuttuessa tarvittavan avo-uoman vähimmäismitat ovat seuraavat:

- vesisyvyys 1.0 m
- vesipinnan leveys 4.0 m
- vesipoikkileikkaus 2.5 m^2
- virtausnopeus 0.10 m/s , $Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$
- kuivavara vähint. 0.50 m
- kaivettavat massat noin $5 \text{ m}^3/\text{m}$
- uoman leveydeksi tulee noin 5.5 m

Maurumaansalmenojan uoman puhdistuksen ja tarvittavien pato- rakenteiden aiheuttamat kustannukset ovat samaa suuruusluokkaa virtaamalla 350 ja 200 l/s. Maurumaansalmenojan ja Salmijärven välisen avo-ojan sekä Salmijärven länsipäähän kaivettavan avo-ojan vähimmäisvesisyvyys on 1.0 m. Salmijärven

länsipäähän rakennettavan pumppaamon nostokorkeudeksi virtaamalla $q = 200$ l/s saadaan 8.0 m. Paineputken päästä vesi johdetaan makeavesialtaaseen porrastetussa avo-uomassa, jonka vähimmäisvesisyvyys on 1.0 m ja pituus 1100 m.

Vahingonkorvaukset on arvioitu pinentämismvaihtoehtoon 1 mukaan.

Vaihtoehtoon kustannusarvioksi saadaan:

| Rakennuskustannukset: | a/mk | | |
|--|----------|----|-----------|
| - pumppaamo 2 kpl | | | 250.000 |
| - pumppu 1 kpl | | = | 29.000 |
| - " 1 kpl | | = | 22.000 |
| - avattava pato 1 kpl | 50.000 | = | 50.000 |
| - " " 1 kpl | 35.000 | = | 35.000 |
| - Ø 370 mm paineputki 2600 m | 341.50 | = | 888.000 |
| - putken asennus 2600 m | 45.0 | = | 117.000 |
| - putkilinjan kaivu ja täyttö 22.000 m ³ | 20.0 | = | 440.000 |
| - tienalitukset yhteensä | | = | 25.000 |
| - sillat 65 m ² | 3.000 | = | 195.000 |
| - avo-uomien kaivu ja perkaus Sa $3200 \times 1.0 + 3.2 \times 1850 =$ 19.120 m ³ | 6 | = | 55.000 |
| Mr $1.8 \times 1850 = 3.330$ | 12 | = | 40.000 |
| TuLj $5 \times 700 = 3.500$ | 6 | = | 21.000 |
| - ylijäämämaan poiskuljetus; 0.5 m pinnasta jää pelloille $2.5 \times 1850 = 4.625$ m ³ | 6 | = | 28.000 |
| - vahingonkorvaukset | | = | 65.000 |
| | Yhteensä | mk | 2.260.000 |

Lisäksi tulevat vuotuiset käyttö-, valvonta-, huolto- ja korjauskustannukset.

Lisävedensiirtosysteemien kustannusarvioita tarkasteltaessa on otettava huomioon niissä tehdyt oletukset ja epävarmuustekijät ja on huomattava, että kyseessä on alustava suunnitelma eikä rakentamissuunnitelma. Rakentamissuunnitelma edellyttää runsaasti maastotöitä, joiden avulla on selvitettävä

pumppaamojen, penkereiden, peltojen, siltojen, avo-uomien ja putkilinjojen maaperä- ja korkeusolosuhteet, korkeimpien liuskojen vahvistustarpeet, vedensiirtosysteemin eri pinnankorkeuksia vastaavat haitta-alueet, läjitysalueet ja lisäksi uomien ja tilustiesiltojen lopullista sijoittelua tehtäessä on syytä ottaa yhteyttä alueen maanomistajiin. Kustannuksia voidaanakin nitää ainoastaan suuntaa antavina ja esimerkiksi vedensiirtolinjan pinnankorkeuksista aiheutuvat korvaukset puuttuvat kustannusarvioista.

Myös muut pienentämisvaihtoehdon 1 mukaisen lisävedensiirtosysteemin tarkastelussa esitetyt vaihtoehdot tulisi selvittää.

7.36 Muut rakenteet

Molemmissa pienentämisvaihtoehdoissa mahdolliset muut rakenteet kuten uudet sulkuportit ja virrankehittimet ovat samanlaiset ja siten kustannuksiltaan yhtäsuuret.

7.4 Kokonaiskustannukset

Kustannustarkastelussa kustannukset on laskettu vaihtoehdoittain kahdella eri perusteella. Vähimmäiskustannuksilla tarkoitetaan niitä kustannuksia, jotka aiheutuvat pienemmän altaan muodostamisesta, Velhoveden yhdistämisestä mereen ja tietyn vedensaannin (esimerkkitapauksessa 8.0 milj. m³/a) turvaamisesta tietyillä säännöstelyrajoilla. Kokonaiskustannuksiin on edellisten lisäksi laskettu kustannukset, jotka aiheutuvat toimenpiteistä, joiden avulla Velhoveden alue palaa lähemmäksi luonnontilaa tai jotka pienentävät altaasta tai altaan pienentämisestä aiheutuvia haittoja. Koska kustannusarviot perustuvat pääosin karttatarkasteluun on niitä pidettävä vain suuruusluokkaa ilmaisevina. Tarkemman kustannusarvion laatiminen edellyttää pengermateriaalin

saantipaikkojen ja läjitysalueiden selvittämistä, penkereiden, perkauslinjojen, siltojen, pumppamoiden, patojen, avouomien, putkilinjojen ja sulkuporttien pohja-olosuhteiden selvittämistä, makeavesialtaan ja vedensiirtosysteemin eri pinnankorkeuksia vastaavien haitta-alueiden selvittämistä. Lisäksi vedensiirtokapasiteetin suuruus riippuu altaasta otettavasta vesimäärästä, altaan koosta ja tiettyinä vuodenaikana halutusta jokivesiosuudesta altaan nettotulovalunnassa. Rakennettavien silta-aukkojen ja perattavien uomien suuruuden selvittämiseksi tulisi laboratorio ja pienoismallikokeiden avulla selvittää Velhoveden veden laatu eri tapauksissa. Myös virrankehittimen vaikutus tarvittaviin aukkokoikihin tulisi selvittää. Tässä tutkimuksessa esitetyillä kokonaiskustannuksilla tarkoitetaan ainoastaan esimerkkiratkaisun mukaisia kokonaiskustannuksia, josta todelliset kustannukset saattavat poiketa suuntaan tai toiseen. On myös huomattava, että kustannuksista puuttuvat altaan pienentämisestä aiheutuvat vahingonkorvaukset sekä vuotuiset käyttö-, valvonta-, huolto- ja korjauskustannukset.

7.41 Pienentämisvaihtoehto 1

Vähimmäiskustannukset:

| | a/mk | |
|---|----------------|--------------|
| - patopenkereen teko 68.100 m^3 | 50 | = 3.405.000 |
| - " purku 10.700 m^3 | 25 | = 268.000 |
| - rakennettavat sillat | | |
| Vintrinrauma $25 \times 5 = 125 \text{ m}^2$ | 3.250 | = 406.000 |
| Vahalanrauma $12 \times 3 = 36 \text{ m}^2$ | 3.000 | = 108.000 |
| Kurjenkarinrauma $12 \times 3 = 36 \text{ m}^3$ | 3.000 | = 108.000 |
| - lisävedensiirtosysteemi | | = 3.020.000 |
| - yleiskulut | | = 1.000.000 |
| | <hr/> Yhteensä | mk 8.315.000 |

Kokonaiskustannukset:

| | | |
|---|----|-------------|
| - patopenkereen teko 68.100 m^3 | 50 | = 3.405.000 |
|---|----|-------------|

| | a/mk | | |
|---|-------|---|------------|
| - patopenkereen purku 10.700 m ³ | 25 | = | 268.000 |
| - rakennettavat sillat | | | |
| Vintrinrauma 35 x 5 = 175 m ² | 3.250 | = | 569.000 |
| Katarauma 12 x 5 = 60 m ² | 3.250 | = | 195.000 |
| Koikarinrauma 12 x 5 = 60 m ² | 3.250 | = | 195.000 |
| Vahalanrauma 12 x 3 = 36 m ² | 3.000 | = | 108.000 |
| Kurjenkarinrauma 12 x 3 = 36 m ² | 3.000 | = | 108.000 |
| Uusi aukko 12 x 3 = 36 m ² | 3.000 | = | 108.000 |
| Siiankarinrauma 12 x 3 = 36 m ² | 3.000 | = | 108.000 |
| - perattavat uomat | | | |
| Vintrinrauma 50 x 800 = 40.000 m ³ | 50 | = | 2.000.000 |
| Siiankarinrauma 20 x 400 = 8.000 m ³ | 10 | = | 80.000 |
| Vahalanrauma 20 x 450 = 9.000 m ³ | 20 | = | 180.000 |
| Katarauma 10 x 800 = 8.000 m ³ | 20 | = | 160.000 |
| Koikarinrauma 20 x 30 = 600 m ³ | 100 | = | 60.000 |
| 20 x 100 = 2.000 m ³ | 10 | = | 20.000 |
| Kurjenkarinrauma 20 x 80 = 1.600 m ³ | 100 | = | 160.000 |
| Uusi aukko 20 x 100 = 2.000 m ³ | 100 | = | 200.000 |
| 20 x 300 = 6.000 m ³ | 20 | = | 120.000 |
| - lisäveden siirtosysteemi | | = | 5.860.000 |
| - venesulkuportti | | = | 1.500.000 |
| - virrankehitin (noin 4.0 m ³ /s) | | = | 500.000 |
| - yleiskulut | | = | 2.200.000 |
| Yhteensä | mk | | 18.104.000 |

7.42 Pienentämismvaihtoehto 2

Vähimmäiskustannukset:

| | | | |
|--|-------|---|-----------|
| - patopenkereen teko 70.350 m ³ | 50 | = | 3.518.000 |
| - " purku 9.600 m ³ | 25 | = | 240.000 |
| - rakennettavat sillat | | | |
| Vintrinrauma 25 x 5 = 125 m ² | 3.250 | = | 406.000 |
| Vahalanrauma 12 x 3 = 36 m ² | 3.000 | = | 108.000 |
| - lisäveden siirtosysteemi | | = | 2.260.000 |
| - yleiskulut | | = | 900.000 |
| Yhteensä | mk | | 7.432.000 |

Kokonaiskustannukset

| | a/mk | |
|---|-------|---------------|
| - patopenkereen teko 70.350 m ³ | 50 | = 3.518.000 |
| - " purku 9.600 m ³ | 25 | = 240.000 |
| - rakennettavat sillat | | |
| Vintrinrauma 35 x 5 = 175 m ² | 3.250 | = 569.000 |
| Katarauma 12 x 5 = 60 m ² | 3.250 | = 195.000 |
| Vahalanrauma 12 x 3 = 36 m ² | 3.000 | = 108.000 |
| Siiankarinrauma 12 x 3 = 36 m ² | 3.000 | = 108.000 |
| - perattavat uomat | | |
| Vintrinrauma 50 x 800 = 40.000 m ³ | 50 | = 2.000.000 |
| Siiankarinrauma 20 x 400 = 8.000 m ³ | 10 | = 80.000 |
| Vahalanrauma 20 x 450 = 9.000 m ³ | 20 | = 180.000 |
| Katarauma 10 x 800 = 8.000 m ³ | 20 | = 160.000 |
| - lisäveden siirtosysteemi | | = 4.140.000 |
| - venesulkuportti | | 1.500.000 |
| - virrankehitin | | 500.000 |
| - yleiskulut | | = 2.000.000 |
| Yhteensä | | mk 16.062.000 |

Pienentämisvaihtoehto 2 on siis rakennus- ja käyttökustannuksiltaan edullisempi ja lisäksi pinnankorkeusvaihtelut jäävät pienemmiksi kuin vaihtoehdon 1 mukaisessa altaassa, mutta toisaalta luonnontilaan palautuva osa jää pienemmäksi ja palautuminen on epävarmempaa aukkojen lukumäärän pienentyessä.

8. Yhteenveto

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää Uudenkaupungin makeavesialtaan uudelleenjärjestelyjen vaikutus altaasta saatavaan vesimäärään ja altaan pinnankorkeusvaihteluihin. Tutkimuksessa on käsitelty myös alueen vedenkulutusta, nykyisen altaan hydrologiaa ja uudelleenjärjestelyn edellyttämiä rakenteita. Lisäksi on pyritty selvittämään uudelleenjärjestelyistä aiheutuvien kustannusten suuruusluokka.

Nykyinen raakaveden kokonaiskulutus on noin $3.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ ja raakavedentarve ilmeisesti nousee tulevaisuudessa. Tämä riippuu väestönkehityksestä, ominaiskulutuksen kehityksestä, teollisuuden tulevaisuudessa tarvitsemasta vesimäärästä, lähikuntien vedentarpeesta ja mahdollisesti Turkuun tai Raumalle myytävästä vesimäärästä.

Nykyisen altaan keskimääräinen nettotulovalunta on noin $141 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ ja pienimmilläänkin vuotuinen nettotulovalunta on noin $45 \text{ milj. m}^3/\text{a}$. Voimassa olevien lupaehtojen mukaan altaan pinnan kesäaikainen (15.5 - 15.9) vaihteluväli on 35 cm ja muulloin se on 70 cm. Suurin päivittäin pumpattavissa oleva vesimäärä on $65\,000 \text{ m}^3/\text{d}$, joka vastaa tasaisella vedenotolla määrää $23.7 \text{ milj. m}^3/\text{a}$. Nettotulovalunnan kesäaikaisen pienuuden ja pienemmän vaihteluvälin johdosta kesäaikaiset säännöstelyrajat rikotaan kuivimpina kesinä loppukesällä jo vuotuista vedenottoa $5.0 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ vastaavalla tasaisella vedenotolla. Vuotuinen vedenotto $23.7 \text{ milj. m}^3/\text{a}$ edellyttää kesäaikaisen säännöstelyvälin nostamista 52 cm:iin (liite 3).

Tutkimuksessa on tarkasteltu kahta eri pienentämisvaihtoehtoa, joista ensimmäisessä pienennetty makeavesiallas käsittelee Ruotsinveden alueen ja toisessa siihen kuuluu lisäksi Merikaskisten alue. Ilman lisävedenpumppausta pienennetyistä altaista saatava vesimäärä on korkeintaan keskimääräisen nettotulovalunnan suuruinen ja tämäkin edellyttää huomattavaa säännöstelyvälin kasvua nykytilanteeseen verrattuna. Pienentämisvaihtoehdon 1 mukaisen altaan keskimääräinen net-

totulovalunta on 6.9 milj. m³/a ja vuotuinen vedenotto 6.0 milj. m³/a edellyttää jo kesäaikaista 98 cm:n säännöstelyväliä. Vastaavasti pienentämismuutoksen 2 mukaisen altaan nettotulovalunta on keskimäärin 9.4 milj. m³/a, jolloin tarvittava säännöstelyväli kesällä vedenotolla 6.0 milj. m³/a on 52 cm ja vedenotolla 9.0 milj. m³/a 120 cm (taulukko 18).

Pienennetyistä altaista saatavissa olevia vesimääriä voidaan kasvattaa ja tarvittavia säännöstelyvälejä voidaan pienentää lisävedenpumpauksen avulla. Käytännössä ainoan lisävesilähteen, Sirppujoen, virtaamien voimakas määrällinen ja laadullinen vaihtelu vuodenajoittain aiheuttaa kuitenkin sen, että lisävedensiirtosysteemi joudutaan ylivoimaisesti pumpattavaan vesimäärään nähden. Kuivimpina vuosina jolloin lisävedentarve on suurimmillaan ja pumpattavissa oleva vesimäärä on pienimmillään joudutaan helposti ylivoimaisesti säännöstelyyn, jolloin tarvittavat säännöstelyvälit kasvavat. Tietyllä vedenotolla vuotuisen lisävedenpumpauksen noustessa yli tietyn määrän ei tarvittava säännöstelyväli enää pienene lisävesimäärän kasvaessa, sillä kuivakautena joka määrää säännöstelyvälin, ei voida pumpata lisävetä virtaamien pienuudesta johtuen. Tarvittava säännöstelyväli riippuu raakaveden kulutuksesta ja vuosittain pumpattavasta lisävesimäärästä taulukon 20 tai 21 mukaan. Raakavedentarpeen noustessa huomattavasti pienennettyjen altaiden keskimääräisten nettotulovaluntojen yli ei vesihuoltoa enää voitane turvata lisävedenpumpauksella vaan tällöin ratkaisuna on nykyinen makeavesiallas.

Altaan pienentämisen vaikutus raakaveden laatuun ja nykyisen allasalueen ekologiaan on jätetty kokonaan tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Näiden selvittäminen edellyttäisi laboratorio- ja pienoismallikokeita, joiden avulla tulisi selvittää ja arvioida veden laadun todennäköinen kehitys sekä pienennetyssä altaassa että meren yhteyteen palautettavassa osassa. On selvää, että raakaveden laatu ei saa mainitta-

vasti huonontua makeavesialtaan pienentämisen johdosta ja esimerkiksi tietyn jokivesiosuuden saavuttaminen tai rajoittaminen nettotulovalunnassa saattaa asettaa omat edellytyksensä lisävedensiirtosysteemin kapasiteetille ja vaikuttaa siten pienentämiskustannuksiin. Myös pienennetyn altaan happitalous ja sen mahdollisista muutoksista aiheutuvat muutokset altaan veden laatuun tulee selvittää.

Merensuhteiden palaavan osan, Velhoveden, veden laatu ja ekologinen kehitys riippuvat Sirppujoen virtaamisesta, meren pinnankorkeusvaihteluista, Velhoveden ja meren välillä avattavien aukkojen määrästä ja suuruudesta, Velhoveden sisäisistä virtauksista ja pienentämisen yhteydessä toteutetuista virtausjärjestelyistä. Aukkojen suuruuden määrittäminen edellyttää meriveden pinnankorkeusvaihteluiden suuruuksien ja sattumisajankohtien analysointia sekä sallitun sekoitussuhteen jokivesi/merivesi arvon määrittämistä. Tarvittavia aukkoja voidaan ilmeisesti pienentää järjestämällä kenotekoinen merivesivirtaus Velhoveden läpi.

Tarvittavien aukkojen määrä ja koko vaikuttavat voimakkaasti altaan pienentämiskustannuksiin ja näinollen tässä tutkimuksessa esitetyt kustannusarviot ilmaisevat kustannusten suuruusluokan mikäli aukkojen perkaamiset toteutetaan esitetyn suuruusluokan. Lisäksi kustannusten suuruuden tarkempi määrittäminen edellyttää penkereiden, perattavien aukkojen, siltojen, sulkuportin, vedensiirtolinjan, patojen, avouomien ja pumppaamoiden kokojen, pohjaolosuhteiden ja korkeusasemien yksityiskohtaisempaa selvittämistä sekä tarvittavan raakavesimäärän ja sallittavien pinnankorkeusvaihteluiden tarkempaa määrittämistä.

Altaan uudelleenjärjestelykysymys muodostaa monisäikeisen ongelmakentän, jota tässä tutkimuksessa on pystytty käsittelemään rajatulta osin. Uudelleenjärjestelyä mahdollisesti jatkossa selvitetessä joudutaan selvittämään hyötyhaitta suhteita laajasti. Tähän liittyviä asioita ovat kus-

tannusarvioiden, tarvittavien pinnankorkeusvaihteluvälien ja saatavien vesimäärien lisäksi esimerkiksi veden laadun kehitys sekä muutetussa altaassa että meren yhteyteen palautettavassa osassa, nykyisen allasalueen ekologiassa tapahtuvat muutokset ja kaikkien näiden tekijöiden merkitys vesihuollon, altaan virkistyskäytön ja luonnonsuojelun kannalta.

- /1/ Kalle Hovila: Esitelmä Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistyksen kevätkokouksessa 11.4.1969
- /2/ Jaakko Kuusela: Velho- ja Ruotsinveden makeavesiallas Uudenkaupungin lähistöllä. - Vesitalous 5/1965, 6 - 9
- /3/ Pertti Sevola: Uudenkaupungin makeavesialtaan ekologinen tutkimus 1975
- /4/ Matti Saarivuori: Tutkimusraportti Uudenkaupungin makeavesialtaan kalastosta ja veden ph:sta kesällä 1977. Turun yliopisto biologian laitos
- /5/ Matti Saarivuori: Selvitys Uudenkaupungin makeavesialtaan pohjaeläintutkimuksesta vuodelta 1977. Turun yliopisto biologian laitos
- /6/ Olli Ström: Selvitys Uudenkaupungin makeavesialtaan happamuudesta 1978
Uudenkaupungin kaupunki
- /7/ Olli Ström: makeavesialtaan kartoitus 1978
Uudenkaupungin kaupunki
- /8/ Olli Ström: Makeavesialtaan kartoitus 1979
Uudenkaupungin kaupunki
- /9/ Olli Ström: Makeavesialtaan kartoitus 1980
Uudenkaupungin kaupunki
- /10/ Maa ja Vesi Oy: Vesikasvuston kehitys Uudenkaupungin makeavesialtaalla 1976
- /11/ Uudenkaupungin vesi- ja viemärilaitoksen toimintakertomukset vuosilta 1968 - 1979

- /12/ Seppo Mustonen: Alivaluman vaihteluista pienillä alueilla
Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja 1
- /13/ Vesihallitus: Hydrologinen vuosikirja 1976 - 1977
Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja 35
- /14/ RIL 92 Vesirakennus
- /15/ Kuusisto: Säkylän Pyhäjärven vesitase ja säännöstely
- /16/ Virtaustutkimuksen neuvottelukunta: Saaristomeren virtaustutkimus 1979

Liite 1

Aurajoen Hypöistenkosken ja Sirppujoen Puttakosken kuukausikeskivirtaamien riippuvuussuhteet kuukausittain vuosien 1970 - 1979 havaintojen perusteella.

| | | | |
|----------------|-------------|-----------|------------|
| Tammikuu | : Y = 1.067 | X - 0.436 | ;r = 0.951 |
| Helmikuu | : Y = 0.523 | X + 0.020 | ;r = 0.970 |
| Maaliskuu | : Y = 0.534 | X + 0.158 | ;r = 0.907 |
| Huhtikuu | : Y = 0.945 | X + 2.445 | ;r = 0.745 |
| Toukokuu 1-31 | : Y = 0.870 | X + 0.687 | ;r = 0.980 |
| Toukokuu 16-31 | : Y = 0.590 | X + 0.701 | ;r = 0.946 |
| Kesäkuu | : Y = 0.932 | X + 0.030 | ;r = 0.930 |
| Heinäkuu | : Y = 2.777 | X - 0.577 | ;r = 0.763 |
| Elokuu | : Y = 1.273 | X - 0.116 | ;r = 0.986 |
| Syyskuu 1-15 | : Y = 0.823 | X + 0.089 | ;r = 0.990 |
| Syyskuu 1-30 | : Y = 0.690 | X + 0.295 | ;r = 0.973 |
| Lokakuu | : Y = 1.094 | X + 0.141 | ;r = 0.954 |
| Marraskuu | : Y = 1.107 | X - 0.210 | ;r = 0.980 |
| Joulukuu | : Y = 0.935 | X - 1.547 | ;r = 0.891 |

Suoran yhtälö on muotoa $y = a x + b$ jossa

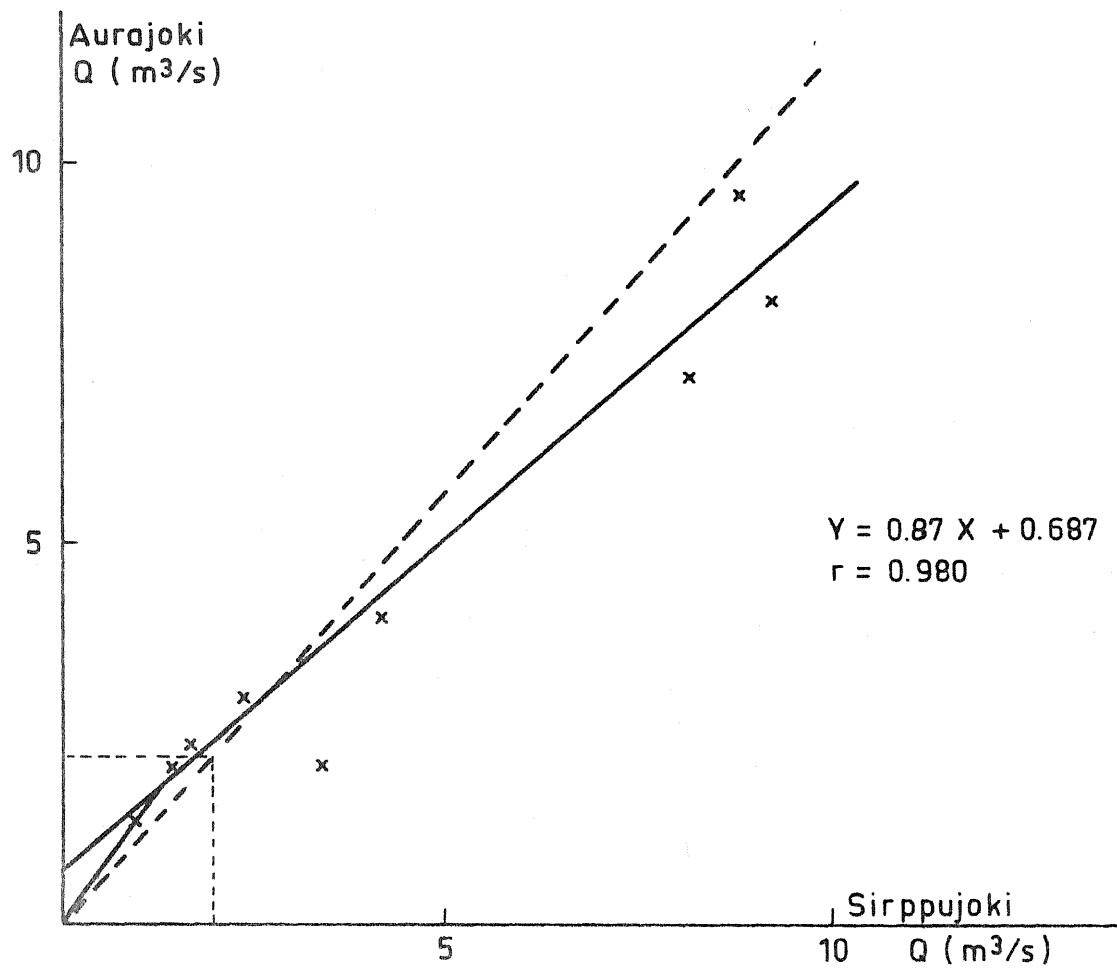
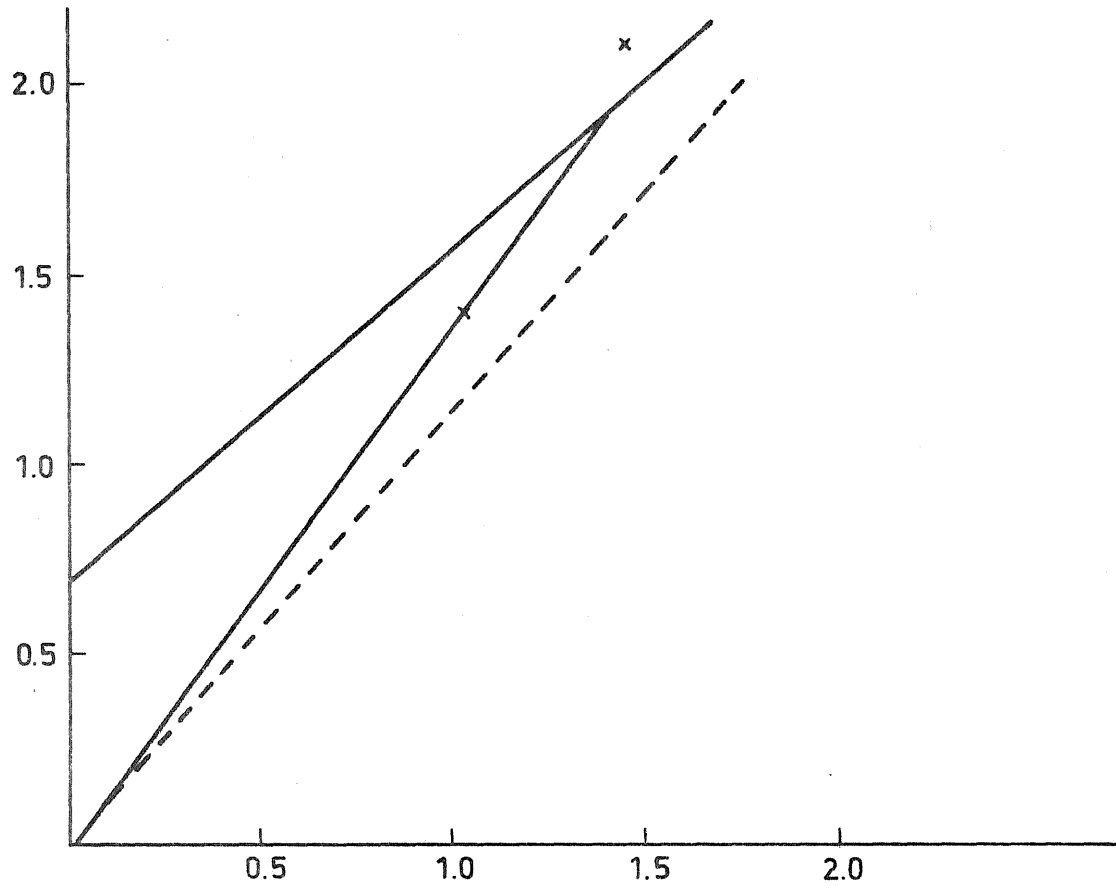
Y = Hypöistenkosken virtaama (m^3/s)

X = Puttakosken virtaama (m^3/s)

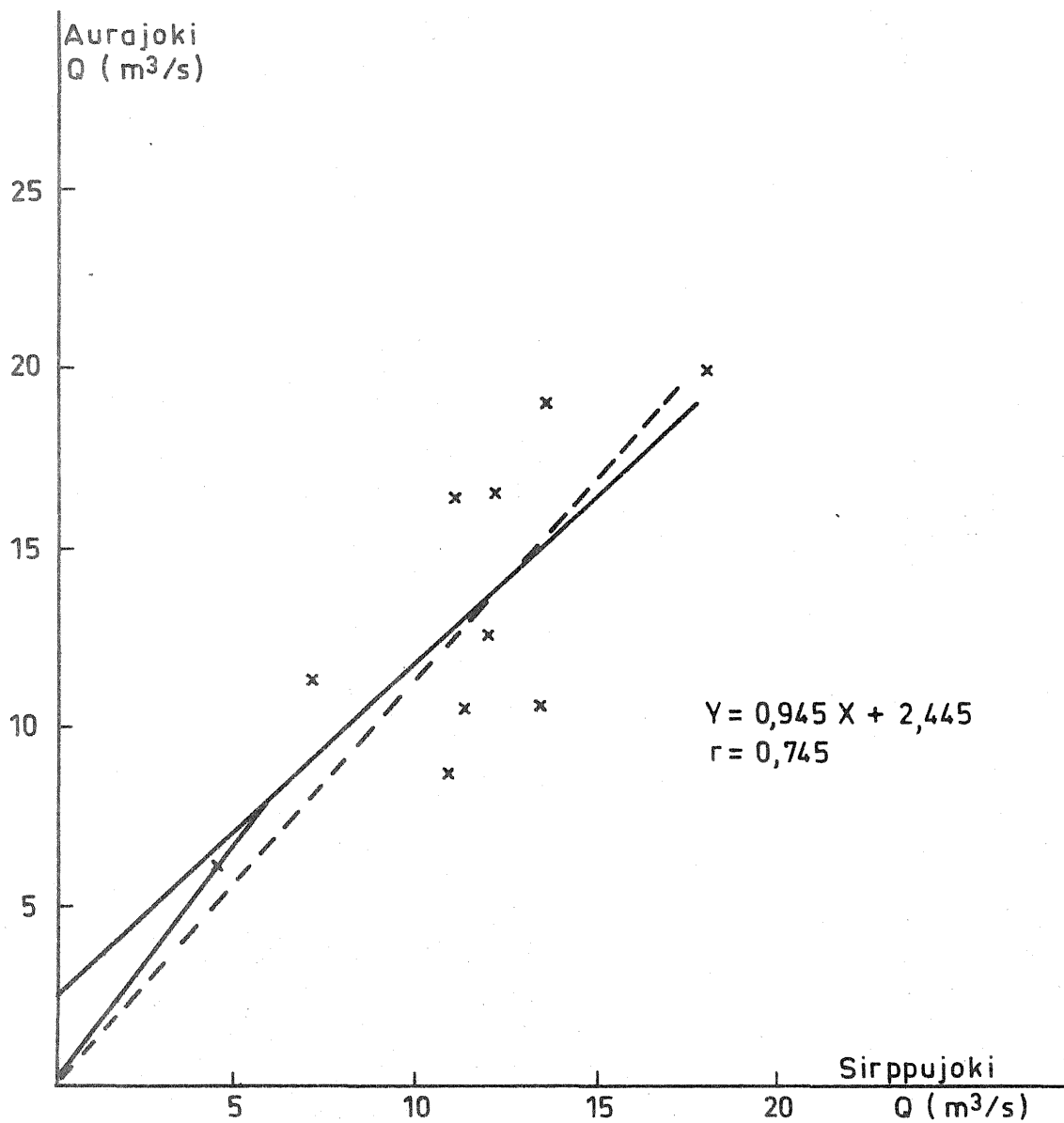
a ja b ovat vakioita

Korrelaatiokerroin r ilmaisee sen miten hyvin annettu suora kuvaa havaittuja pisteitä. Seuraaville sivuille on piirretty parhaimman ja huonoimman korrelaatiokertoimen omaavat suorat ja niitä vastaavat havaitut pisteet. Korrelaatiosuora on piirretty yhtenäisinä viivoina, pinta-alojen suhteen mukainen viiva on katkoviiva ja korjaussuora on yhtenäinen viiva.

TOUKOKUU



HUHTIKUU



LIITE 2.

Puttakosken arvioidut ja havaitut kuukausi- ja vuosikeskivirtaamat vuosina 1950 - 1979
ja Hypöistenkosken vastaavat havaitut vuosivirtaamat (m²/s)

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | YHT. | HYP. |
|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|
| 1950 | 0,30 | 0,15 | 6,60 | 14,90 | 0,60 | 0,07 | 0,09 | 0,12 | 0,88 | 4,70 | 5,90 | 10,0 | 3,71 | 3,50 |
| 1951 | 0,80 | 0,34 | 0,18 | 17,70 | 1,36 | 0,07 | 0,18 | 0,41 | 0,26 | - | 1,00 | 7,40 | 2,47 | 2,42 |
| 1952 | 4,40 | 1,30 | 0,45 | 10,40 | 0,72 | 0,07 | 0,09 | 0,12 | 0,35 | 4,30 | 3,90 | 6,20 | 2,65 | 2,64 |
| 1953 | 2,50 | 1,11 | 15,30 | 9,00 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 3,50 | 2,60 | 2,40 | 3,00 | 4,10 | 3,75 | 3,20 |
| 1954 | 1,10 | 0,34 | 3,10 | 7,40 | 2,20 | 0,07 | 2,70 | 4,80 | 13,20 | 7,30 | 11,30 | 12,50 | 5,52 | 5,60 |
| 1955 | 1,00 | 3,60 | 0,18 | 2,60 | 18,00 | 0,18 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 1,30 | 3,60 | 3,20 | 2,84 | 2,50 |
| 1956 | 3,10 | 0,34 | 3,80 | 5,30 | 11,60 | 0,18 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,28 | 0,13 | 3,80 | 2,42 | 2,00 |
| 1957 | 0,48 | 0,15 | 0,18 | 7,30 | 7,40 | 1,15 | 0,46 | 1,60 | 9,60 | 9,10 | 3,40 | 8,00 | 4,09 | 4,00 |
| 1958 | 1,25 | 0,54 | 0,18 | 5,40 | 10,90 | 0,61 | 0,18 | 0,33 | 0,18 | 0,22 | 0,82 | 1,50 | 1,85 | 1,80 |
| 1959 | 0,64 | 0,92 | 13,90 | 9,90 | 0,67 | 0,29 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,36 | 1,50 | 2,39 | 1,90 |
| 1960 | 0,30 | 0,15 | 0,09 | 9,50 | 1,51 | 0,18 | 0,39 | 2,30 | 3,10 | 1,30 | 6,20 | 11,90 | 3,07 | 3,10 |
| 1961 | 2,20 | 5,10 | 13,40 | 3,50 | 1,12 | 0,29 | 0,60 | 5,70 | 1,90 | 2,30 | 7,10 | 3,70 | 3,91 | 3,40 |
| 1962 | 6,20 | 5,70 | 1,00 | 19,60 | 3,10 | 0,61 | 0,26 | 0,48 | 5,10 | 3,00 | 3,90 | 4,80 | 4,44 | 4,10 |
| 1963 | 0,30 | 0,34 | 0,09 | 6,10 | 2,40 | 0,18 | 0,09 | 0,33 | 2,10 | 7,80 | 4,10 | 2,30 | 2,18 | 2,29 |
| 1964 | 0,80 | 0,54 | 0,09 | 6,40 | 3,80 | 0,18 | 0,09 | 0,12 | 0,18 | 1,10 | 1,60 | 11,30 | 2,20 | 2,17 |
| 1965 | 2,80 | 1,50 | 0,83 | 7,20 | 0,83 | 0,18 | 0,18 | 0,72 | 0,44 | 0,36 | 2,40 | 1,00 | 1,53 | 1,60 |
| 1966 | 0,30 | 0,34 | 0,27 | 6,70 | 19,50 | 0,29 | 0,18 | 0,23 | 0,18 | 2,52 | 6,10 | 5,30 | 3,52 | 3,45 |
| 1967 | 1,20 | 0,73 | 14,50 | 14,30 | 3,10 | 0,50 | 0,18 | 2,80 | 6,70 | 1,24 | 5,10 | 2,40 | 4,40 | 4,70 |
| 1968 | 0,15 | 0,15 | 13,80 | 6,40 | 2,10 | 0,29 | 0,26 | 0,12 | 2,00 | 1,06 | 7,30 | 3,30 | 3,09 | 2,80 |
| 1969 | 0,80 | 0,54 | 0,18 | 14,00 | 2,80 | 0,40 | 0,18 | 0,11 | 0,19 | 1,30 | 8,70 | 1,90 | 2,57 | 2,80 |
| 1970 | 0,67 | 0,30 | 0,74 | 18,00 | 8,80 | 0,69 | 0,60 | 0,47 | 0,37 | 0,55 | 5,60 | 7,60 | 3,70 | 3,48 |

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | YHT. | HYP. |
|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| 1971 | 6,80 | 4,20 | 1,21 | 11,20 | 1,46 | 0,41 | 0,12 | 0,30 | 0,16 | 0,46 | 1,21 | 4,60 | 2,66 | 2,01 |
| 1972 | 0,95 | 0,17 | 0,27 | 12,10 | 4,20 | 0,56 | 1,61 | 5,30 | 1,66 | 1,36 | 5,30 | 7,50 | 3,43 | 3,04 |
| 1973 | 1,00 | 0,76 | 3,74 | 7,10 | 3,37 | 1,58 | 1,62 | 0,53 | 0,76 | 1,47 | 2,13 | 3,20 | 2,28 | 2,60 |
| 1974 | 5,30 | 9,30 | 4,50 | 13,5 | 1,66 | 0,51 | 0,60 | 1,52 | 1,53 | 9,22 | 8,30 | 14,60 | 5,80 | 6,12 |
| 1975 | 9,20 | 2,30 | 1,65 | 4,50 | 1,04 | 0,58 | 0,19 | 0,13 | 0,24 | 0,34 | 0,55 | 1,95 | 1,89 | 2,11 |
| 1976 | 0,79 | 0,41 | 1,00 | 13,40 | 2,90 | 1,43 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,10 | 0,71 | 2,60 | 1,97 | 1,62 |
| 1977 | 0,31 | 0,27 | 6,70 | 11,00 | 9,20 | 0,53 | 1,55 | 0,63 | 0,82 | 2,80 | 7,50 | 3,80 | 3,77 | 4,33 |
| 1978 | 0,66 | 0,29 | 1,25 | 12,00 | 2,30 | 0,72 | 0,43 | 0,63 | 5,50 | 2,50 | 5,20 | 1,88 | 2,84 | 2,65 |
| 1979 | 0,23 | 0,16 | 0,34 | 10,80 | 8,20 | 0,39 | 1,97 | 4,00 | 6,90 | 2,70 | 9,80 | 10,10 | 4,64 | 3,92 |
| | | | | | | | | | | | | ka | 3,2 | 3,1 |

Liite 3. Eri vedenottojen 5.0, 15.0 ja 23,7 milj. m³/a) vaikutus altaan pintaan kuukausittain vuosina 1950 - 1979. Lähtö- ja maksimitasona on toukokuun 1 päivän taso.

| | Toukokuu 15 | | | | Toukokuu 31 | | | | Kesäkuu 30 | | | |
|------|-------------|----|-----|-----|-------------|----|-----|-----|------------|------|------|------|
| | P | -5 | -17 | -26 | P | -6 | -17 | -27 | P | -11 | -34 | -53 |
| 1950 | 47 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | -5 | -54 | -65 | -88 | -112 |
| 1951 | 108 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | -8 | -35 | -46 | -69 | -96 |
| 1952 | 10 | 0 | -7 | -16 | 6 | 0 | -18 | -37 | -60 | -71 | -112 | -150 |
| 1953 | 4 | -1 | -13 | -22 | 36 | 0 | 0 | -13 | 16 | 0 | -18 | -50 |
| 1954 | 194 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | -16 | -27 | -50 | -69 |
| 1955 | 1435 | 0 | 0 | 0 | 393 | 0 | 0 | 0 | -89 | -100 | -123 | -144 |
| 1956 | 1098 | 0 | 0 | 0 | 58 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | -16 | -35 |
| 1957 | 661 | 0 | 0 | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 85 | 0 | 0 | 0 |
| 1958 | 660 | 0 | 0 | 0 | 473 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | -22 | -41 |
| 1959 | 45 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | -10 | -20 | -78 | -89 | -122 | -151 |
| 1960 | 132 | 0 | 0 | 0 | 5 | -1 | -12 | -22 | -29 | -41 | -75 | -104 |
| 1961 | 77 | 0 | 0 | 0 | 52 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | -13 |
| 1962 | 253 | 0 | 0 | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | -17 | -36 |
| 1963 | 196 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | -57 | -68 | -91 | -110 |
| 1964 | 326 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0 | -34 | -45 | -68 | -87 |
| 1965 | 35 | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | -50 | -61 | -84 | -103 |
| 1966 | 1890 | 0 | 0 | 0 | 58 | 0 | 0 | 0 | -31 | -42 | -65 | -84 |
| 1967 | 234 | 0 | 0 | 0 | 133 | 0 | 0 | 0 | +6 | -5 | -28 | -47 |
| 1968 | 149 | 0 | 0 | 0 | 84 | 0 | 0 | 0 | -49 | -60 | -83 | -102 |
| 1969 | 156 | 0 | 0 | 0 | 139 | 0 | 0 | 0 | -54 | -65 | -88 | -107 |
| 1970 | 796 | 0 | 0 | 0 | 91 | 0 | 0 | 0 | -20 | -31 | -54 | -73 |
| 1971 | 86 | 0 | 0 | 0 | 48 | 0 | 0 | 0 | -35 | -46 | -69 | -88 |
| 1972 | 341 | 0 | 0 | 0 | 75 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | -17 | -36 |
| 1973 | 299 | 0 | 0 | 0 | 56 | 0 | 0 | 0 | 155 | 0 | 0 | 0 |
| 1974 | 116 | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | -9 | -28 |
| 1975 | 75 | 0 | 0 | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | -23 | -42 |
| 1976 | 226 | 0 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 0 | 88 | 0 | 0 | 0 |
| 1977 | 507 | 0 | 0 | 0 | 442 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | -23 | -42 |
| 1978 | 136 | 0 | 0 | 0 | 81 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | -13 |
| 1979 | 706 | 0 | 0 | 0 | 123 | 0 | 0 | 0 | -57 | -68 | -91 | -110 |

P = jakson nettotulovalunta mm

5.0 milj. m³/v = 135 mm/v = 11 mm/kk

15.0 " = 405 mm/v = 34 mm/kk

23.7 " = 640 mm/v = 53 mm/kk

| | Heinäkuu 31 | | | | Elokuu 31 | | | | Syyskuu 15 | | | |
|------|-------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------------|------|------|------|
| | P | -11 | -34 | -53 | P | -11 | -34 | -53 | P | -5 | -17 | -27 |
| 1950 | -40 | -116 | -162 | -205 | -39 | -166 | -235 | -297 | 11 | -160 | -241 | -313 |
| 1951 | -26 | -83 | -129 | -175 | -18 | -122 | -189 | -246 | 6 | -111 | -200 | -267 |
| 1952 | -21 | -103 | -167 | -223 | -32 | -146 | -233 | -308 | -17 | -168 | -267 | -352 |
| 1953 | 67 | 0 | 0 | -36 | 360 | 0 | 0 | 0 | 64 | 0 | 0 | 0 |
| 1954 | 380 | 0 | 0 | 0 | 502 | 0 | 0 | 0 | 201 | 0 | 0 | 0 |
| 1955 | -109 | -220 | -256 | -306 | -177 | -348 | -407 | -476 | 34 | -319 | -390 | -469 |
| 1956 | -52 | -63 | -102 | -140 | -47 | -121 | -183 | -240 | -24 | -150 | -224 | -291 |
| 1957 | -4 | -15 | -38 | -57 | 155 | 0 | 0 | 0 | 206 | 0 | 0 | 0 |
| 1958 | -30 | -41 | -86 | -124 | -16 | -68 | -136 | -193 | -26 | -99 | -179 | -246 |
| 1959 | -116 | -216 | -272 | -320 | -70 | -297 | -376 | -443 | -45 | -347 | -438 | -515 |
| 1960 | 8 | -44 | -101 | -143 | 273 | 0 | 0 | 0 | 218 | 0 | 0 | 0 |
| 1961 | 82 | 0 | 0 | 0 | 598 | 0 | 0 | 0 | 64 | 0 | 0 | 0 |
| 1962 | -18 | -29 | -69 | -107 | 49 | 0 | -54 | -111 | 133 | 0 | 0 | -5 |
| 1963 | -78 | -157 | -203 | -241 | 38 | -130 | -199 | -256 | 226 | 0 | 0 | -57 |
| 1964 | -39 | -95 | -141 | -179 | -18 | -124 | -193 | -250 | -12 | -141 | -222 | -289 |
| 1965 | 44 | 28 | -74 | -112 | 60 | 0 | -48 | -105 | 40 | 0 | -75 | -92 |
| 1966 | -31 | -84 | -130 | -168 | -1 | -96 | -165 | -222 | 29 | -72 | -153 | -220 |
| 1967 | -87 | -103 | -149 | -187 | 394 | 0 | 0 | 0 | 471 | 0 | 0 | 0 |
| 1968 | -33 | -104 | -150 | -188 | -73 | -184 | -257 | -314 | 59 | -130 | -215 | -282 |
| 1969 | -4 | -80 | -126 | -164 | -132 | -223 | -292 | -349 | -3 | -231 | -312 | -379 |
| 1970 | 97 | 0 | 0 | -29 | 17 | 0 | -17 | -65 | 25 | 0 | -9 | -67 |
| 1971 | -66 | -123 | -169 | -207 | 1 | -133 | -202 | -259 | -7 | -145 | -226 | -293 |
| 1972 | 158 | 0 | 0 | 0 | 539 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0 | 0 | 0 |
| 1973 | 96 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | -21 | -40 | 65 | 0 | 0 | -2 |
| 1974 | 114 | 0 | 0 | 0 | 94 | 0 | 0 | 0 | 117 | 0 | 0 | 0 |
| 1975 | -92 | -103 | -149 | -187 | -97 | -211 | -280 | -337 | -9 | -225 | -306 | -373 |
| 1976 | -18 | -29 | -52 | -71 | -119 | -159 | -205 | -243 | 2 | -162 | -220 | -268 |
| 1977 | 205 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | -13 | -32 | 57 | 0 | 0 | -2 |
| 1978 | -14 | -25 | -48 | -80 | 55 | 0 | -27 | -78 | 200 | 0 | 0 | 0 |
| 1979 | 262 | 0 | 0 | 0 | 433 | 0 | 0 | 0 | 417 | 0 | 0 | 0 |

| | Syyskuu 30 | | Lokakuu 31 | | Marraskuu 30 | | Joulukuu 31 | | Tammikuu 31 | |
|-------------|------------|------|------------|------|--------------|------|-------------|------|-------------|------|
| | P | -27 | P | -53 | P | -53 | P | -53 | P | -53 |
| 1950 - 1951 | 111 | -239 | 505 | 0 | 626 | 0 | 1097 | 0 | 137 | 0 |
| 1951 - 1952 | 16 | -278 | -18 | -349 | 154 | -248 | 797 | 0 | 488 | 0 |
| 1952 - 1953 | 30 | -355 | 473 | 0 | 429 | 0 | 692 | 0 | 289 | 0 |
| 1953 - 1954 | 172 | 0 | 249 | 0 | 315 | 0 | 432 | 0 | 168 | 0 |
| 1954 - 1955 | 1107 | 0 | 777 | 0 | 1161 | 0 | 1325 | 0 | 184 | 0 |
| 1955 - 1956 | 39 | -467 | 171 | -349 | 373 | -29 | 401 | 0 | 354 | 0 |
| 1956 - 1957 | -6 | -324 | 42 | -335 | 13 | -375 | 433 | 0 | 84 | 0 |
| 1957 - 1958 | 754 | 0 | 899 | 0 | 345 | 0 | 837 | 0 | 149 | 0 |
| 1958 - 1959 | -6 | -279 | 77 | -305 | 122 | -236 | 201 | -88 | 146 | 0 |
| 1959 - 1960 | -32 | -574 | 21 | -606 | 92 | -567 | 200 | -420 | 121 | -352 |
| 1960 - 1961 | 39 | 0 | 148 | 0 | 673 | 0 | 1274 | 0 | 293 | 0 |
| 1961 - 1962 | 92 | 0 | 254 | 0 | 728 | 0 | 431 | 0 | 670 | 0 |
| 1962 - 1963 | 360 | 0 | 327 | 0 | 395 | 0 | 503 | 0 | 56 | 0 |
| 1963 - 1964 | 20 | -64 | 858 | 0 | 436 | 0 | 254 | 0 | 102 | 0 |
| 1964 - 1965 | 27 | -289 | 128 | -214 | 201 | -66 | 1221 | 0 | 357 | 0 |
| 1965 - 1966 | 26 | -93 | 57 | -89 | 252 | 0 | 158 | 0 | 58 | 0 |
| 1966 - 1967 | 3 | -244 | 260 | -37 | 662 | 0 | 634 | 0 | 171 | 0 |
| 1967 - 1968 | 177 | 0 | 205 | 0 | 534 | 0 | 279 | 0 | 58 | 0 |
| 1968 - 1969 | 126 | -183 | 194 | -42 | 749 | 0 | 366 | 0 | 117 | 0 |
| 1969 - 1970 | 66 | -340 | 152 | 241 | 945 | 0 | 216 | 0 | 103 | 0 |
| 1970 - 1971 | 53 | -41 | 55 | -39 | 597 | 0 | 819 | 0 | 736 | 0 |
| 1971 - 1972 | -17 | -337 | 73 | -317 | 159 | -211 | 522 | 0 | 99 | 0 |
| 1972 - 1973 | 52 | 0 | 144 | 0 | 558 | 0 | 776 | 0 | 121 | 0 |
| 1973 - 1974 | 33 | 0 | 166 | 0 | 263 | 0 | 370 | 0 | 624 | 0 |
| 1974 - 1975 | 85 | 0 | 1009 | 0 | 860 | 0 | 1584 | 0 | 990 | 0 |
| 1975 - 1976 | 11 | -389 | 39 | -403 | 87 | -369 | 250 | -172 | 128 | -97 |
| 1976 - 1977 | -39 | -334 | 1 | -386 | 110 | -329 | 292 | -90 | 94 | -49 |
| 1977 - 1978 | 38 | 0 | 309 | 0 | 793 | 0 | 409 | 0 | 112 | 0 |
| 1978 - 1979 | 394 | 0 | 264 | 0 | 541 | 0 | 195 | 0 | 76 | 0 |

| | Helmikuu 28 | | Maaliskuu 31 | | Huhtikuu 30 | |
|-------------|-------------|------|--------------|------|-------------|-----|
| | P | -53 | P | -53 | P | -53 |
| 1950 - 1951 | 47 | -6 | 50 | -9 | 1780 | 0 |
| 1951 - 1952 | 196 | 0 | 56 | 0 | 1034 | 0 |
| 1952 - 1953 | 153 | 0 | 1531 | 0 | 877 | 0 |
| 1953 - 1954 | 31 | -22 | 349 | 0 | 741 | 0 |
| 1954 - 1955 | 333 | 0 | 30 | -23 | 254 | 0 |
| 1955 - 1956 | 66 | 0 | 378 | 0 | 526 | 0 |
| 1956 - 1957 | 62 | 0 | 31 | -22 | 710 | 0 |
| 1957 - 1958 | 55 | 0 | 26 | 27 | 526 | 0 |
| 1958 - 1959 | 99 | 0 | 1412 | 0 | 988 | 0 |
| 1959 - 1960 | 36 | -369 | 6 | -416 | 922 | 0 |
| 1960 - 1961 | 496 | 0 | 1360 | 0 | 337 | 0 |
| 1961 - 1962 | 563 | 0 | 115 | 0 | 1916 | 0 |
| 1962 - 1963 | 43 | -10 | 15 | -48 | 623 | 0 |
| 1963 - 1964 | 111 | 0 | 4 | -49 | 637 | 0 |
| 1964 - 1965 | 160 | 0 | 97 | 0 | 707 | 0 |
| 1965 - 1966 | 53 | 0 | 59 | 0 | 666 | 0 |
| 1966 - 1967 | 108 | 0 | 1481 | 0 | 1389 | 0 |
| 1967 - 1968 | 35 | -18 | 1409 | 0 | 644 | 0 |
| 1968 - 1969 | 76 | 0 | 12 | -41 | 1383 | 0 |
| 1969 - 1970 | 50 | 3 | 133 | 0 | 1818 | 0 |
| 1970 - 1971 | 428 | 0 | 151 | 0 | 1090 | 0 |
| 1971 - 1972 | 60 | 0 | 34 | -19 | 1224 | 0 |
| 1972 - 1973 | 107 | 0 | 402 | 0 | 722 | 0 |
| 1973 - 1974 | 917 | 0 | 472 | 0 | 1301 | 0 |
| 1974 - 1975 | 226 | 0 | 187 | 0 | 460 | 0 |
| 1975 - 1976 | 76 | -74 | 129 | 0 | 1304 | 0 |
| 1976 - 1977 | 44 | -58 | 695 | 0 | 1116 | 0 |
| 1977 - 1978 | 40 | -13 | 188 | 0 | 1163 | 0 |
| 1978 - 1979 | 19 | -34 | 69 | 0 | 1068 | 0 |

Liite 4 Pienennetyn altaan nettotulovalunnat (mm) kuukausittain vuosina 1950 - 1979

| | Toukokuu 16 - 31 | | | | Kesäkuu 1 - 30 | | | | Heinäkuu 1 - 31 | | | |
|-------------|------------------|-------|-----|---------|----------------|-------|------|-----------|-----------------|-------|------|-----------|
| | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P |
| 1950 - 1951 | 24 | 1/1 | -13 | 12/12 | 23 | 1/1 | -84 | -60/-60 | 39 | 1/1 | -88 | -48/-48 |
| 1951 - 1952 | 5 | 2/2 | -11 | -4/-4 | 32 | 1/1 | -74 | -41/-41 | 34 | 2/2 | -78 | -42/-42 |
| 1952 - 1953 | 15 | -/- | -14 | 1/1 | 23 | 1/1 | -90 | -66/-66 | 65 | 1/1 | -95 | -29/-29 |
| 1953 - 1954 | 36 | 1/1 | -15 | 22/22 | 72 | 3/4 | -95 | -20/-19 | 117 | 4/5 | -100 | 21/22 |
| 1954 - 1955 | 20 | 2/2 | -11 | 11/11 | 51 | 1/1 | -74 | -22/-22 | 192 | 24/25 | -78 | 138/139 |
| 1955 - 1956 | 10 | 36/37 | -18 | 28/29 | 10 | 2/2 | -116 | -104/-104 | 4 | 1/1 | -122 | -117/-117 |
| 1956 - 1957 | 8 | 6/6 | -13 | 1/1 | 93 | 2/2 | -82 | 13/13 | 25 | 1/1 | -86 | -60/-60 |
| 1957 - 1958 | 1 | 9/9 | -13 | -3/-3 | 60 | 10/10 | -86 | -16/-16 | 42 | 4/4 | -90 | -44/-44 |
| 1958 - 1959 | 36 | 40/42 | -13 | 63/65 | 35 | 5/5 | -82 | -42/-42 | 38 | 2/2 | -86 | -46/-46 |
| 1959 - 1960 | 14 | 1/1 | -20 | -5/-5 | 21 | 3/3 | -127 | -103/-103 | 9 | 1/1 | -134 | -124/-124 |
| 1960 - 1961 | 2 | 2/2 | -17 | -13/-13 | 48 | 1/2 | -94 | -45/-44 | 61 | 3/4 | -92 | -28/-27 |
| 1961 - 1962 | 19 | 5/5 | -13 | 11/11 | 98 | 3/3 | -86 | 15/15 | 102 | 5/6 | -80 | 27/28 |
| 1962 - 1963 | 22 | 6/6 | -9 | 19/19 | 48 | 5/5 | -90 | -37/-37 | 36 | 2/2 | -80 | -42/-42 |
| 1963 - 1964 | 20 | 4/4 | -15 | 9/9 | 15 | 1/1 | -79 | -63/-63 | 32 | 1/1 | -119 | -86/-86 |
| 1964 - 1965 | 5 | 5/5 | -17 | -7/-7 | 39 | 2/2 | -92 | -51/-51 | 71 | 1/1 | -119 | -47/-47 |
| 1965 - 1966 | 15 | 3/3 | -15 | 3/3 | 34 | 2/2 | -101 | -65/-65 | 114 | 2/2 | -88 | 28/28 |
| 1966 - 1967 | 23 | 5/5 | -16 | 12/12 | 38 | 3/3 | -97 | -56/-56 | 84 | 1/2 | -133 | -48/-47 |
| 1967 - 1968 | 40 | 9/9 | -10 | 39/39 | 37 | 4/4 | -79 | -38/-38 | 10 | 2/2 | -115 | -103/-103 |
| 1968 - 1969 | 13 | 7/7 | -10 | 10/10 | 32 | 3/3 | -109 | -74/-74 | 39 | 2/2 | -98 | -57/-57 |
| 1969 - 1970 | 22 | 12/12 | -13 | 21/21 | 2 | 3/4 | -95 | -90/-89 | 83 | 2/2 | -105 | -20/-20 |
| 1970 - 1971 | 29 | 6/7 | -11 | 24/25 | 5 | 6/6 | -102 | -91/-91 | 103 | 5/6 | -66 | 42/43 |
| 1971 - 1972 | 4 | 5/5 | -11 | -2/-2 | 10 | 4/4 | -85 | -71/-71 | 20 | 1/1 | -98 | -77/-77 |
| 1972 - 1973 | 18 | 6/6 | -11 | 13/13 | 33 | 5/5 | -70 | -32/-32 | 81 | 14/15 | -84 | 11/12 |
| 1973 - 1974 | 14 | 5/5 | -10 | 9/9 | 46 | 14/14 | -84 | -24/-24 | 44 | 15/15 | -110 | -51/-51 |
| 1974 - 1975 | 11 | 4/4 | -14 | 1/1 | 65 | 4/4 | -89 | -20/-20 | 128 | 5/6 | -74 | 59/60 |
| 1975 - 1976 | 40 | 4/4 | -12 | 32/32 | 39 | 5/5 | -84 | -40/-40 | 23 | 2/2 | -134 | -109/-109 |
| 1976 - 1977 | 2 | 6/6 | -18 | -10/-10 | 37 | 12/13 | -87 | -38/-37 | 63 | 2/2 | -101 | -36/-36 |
| 1977 - 1978 | 12 | 40/41 | -14 | 38/39 | 43 | 5/5 | -83 | -35/-35 | 121 | 14/14 | -71 | 64/64 |
| 1978 - 1979 | 1 | 9/9 | -17 | -7/-7 | 55 | 6/6 | -85 | -24/-24 | 23 | 4/4 | -80 | -53/-53 |

S = altaan sadanta (mm)

E = altaan haihdunta (mm)

Q/Q : Q/ vaihtoehdon 1 nettotulovirtaama (allasm)
/Q " 2 " (allamm)

P/P : vaihtoechojen 1 ja 2 nettotulovalunnat (mm)

| | Elokuu 1 - 31 | | | | Syyskuu 1 - 15 | | | | Syyskuu 16 - 30 | | | |
|-------------|---------------|-------|------|-----------|----------------|-------|-----|---------|-----------------|-------|-----|---------|
| | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P |
| 1950 - 1951 | 44 | 1/1 | -95 | -50/-50 | 43 | -/- | -35 | 8/8 | 53 | 7/8 | -24 | 36/37 |
| 1951 - 1952 | 25 | 4/4 | -84 | -55/-55 | 24 | 1/1 | -31 | -6/-6 | 24 | 1/1 | -21 | 4/4 |
| 1952 - 1953 | 58 | 1/1 | -102 | -43/-43 | 14 | 1/1 | -38 | -23/-23 | 29 | 2/2 | -26 | 5/5 |
| 1953 - 1954 | 118 | 31/32 | -108 | 41/42 | 30 | 7/7 | -40 | -3/-3 | 22 | 16/16 | -27 | 11/11 |
| 1954 - 1955 | 107 | 43/44 | -84 | 66/67 | 24 | 18/19 | -31 | 12/12 | 60 | 96/99 | -21 | 135/138 |
| 1955 - 1956 | 3 | 1/1 | -132 | -128/-128 | 81 | -/- | -49 | 32/32 | 55 | 1/1 | -33 | 23/23 |
| 1956 - 1957 | 34 | 1/1 | -93 | -58/-58 | 5 | 1/1 | -34 | -28/-28 | 14 | -/- | -24 | -10/-10 |
| 1957 - 1958 | 92 | 14/15 | -97 | 9/10 | 34 | 19/19 | -36 | 17/17 | 59 | 65/67 | -25 | 99/101 |
| 1958 - 1959 | 43 | 3/3 | -92 | -46/-46 | 1 | 1/1 | -34 | -32/-32 | 8 | 1/1 | -24 | -15/-15 |
| 1959 - 1960 | 62 | 1/1 | -144 | -81/-81 | 4 | 1/1 | -54 | -49/-49 | 1 | -/- | -37 | -36/-36 |
| 1960 - 1961 | 127 | 20/21 | -84 | 63/64 | 27 | 21/21 | -41 | 7/7 | 9 | 6/6 | -38 | -23/-23 |
| 1961 - 1962 | 117 | 51/53 | -88 | 80/82 | 40 | 5/5 | -34 | 11/11 | - | 11/12 | -34 | -23/-22 |
| 1962 - 1963 | 85 | 4/4 | -84 | 5/5 | 44 | 11/12 | -34 | 21/22 | 15 | 33/34 | -22 | 26/27 |
| 1963 - 1964 | 120 | 3/3 | -115 | 8/8 | 73 | 17/18 | -32 | 58/59 | 18 | 2/2 | -16 | 4/4 |
| 1964 - 1965 | 61 | 1/1 | -91 | -29/-29 | 26 | -/- | -40 | -14/-14 | 36 | 1/1 | -24 | 13/13 |
| 1965 - 1966 | 61 | 6/7 | -73 | -6/-5 | 52 | 2/2 | -34 | 20/20 | 23 | 2/2 | -22 | 3/3 |
| 1966 - 1967 | 80 | 2/2 | -104 | -22/-22 | 55 | -/- | -31 | 24/24 | 17 | 1/1 | -26 | -8/-8 |
| 1967 - 1968 | 198 | 25/26 | -84 | 139/140 | 46 | 41/43 | -37 | 50/52 | 16 | 17/17 | -25 | 8/8 |
| 1968 - 1969 | 23 | 1/1 | -108 | -84/-84 | 13 | 8/8 | -38 | -17/-17 | 38 | 10/10 | -21 | 27/27 |
| 1969 - 1970 | 34 | 1/1 | -177 | -142/-142 | 29 | -/- | -34 | -5/-5 | 65 | 1/1 | -15 | 51/51 |
| 1970 - 1971 | 49 | 4/4 | -79 | -26/-26 | 37 | 1/1 | -28 | 10/10 | 54 | 2/2 | -21 | 35/35 |
| 1971 - 1972 | 66 | 3/3 | -95 | -26/-26 | 19 | 1/1 | -35 | -15/-15 | 5 | 1/1 | -28 | -22/-22 |
| 1972 - 1973 | 101 | 47/49 | -91 | 57/59 | 26 | 10/10 | -34 | 2/2 | 17 | 5/5 | -18 | 4/4 |
| 1973 - 1974 | 67 | 5/5 | -107 | -35/-35 | 66 | 3/3 | -32 | 37/37 | 16 | 4/4 | -25 | -5/-5 |
| 1974 - 1975 | 26 | 14/14 | -84 | -44/-44 | 80 | 7/7 | -38 | 49/49 | 33 | 7/7 | -21 | 19/19 |
| 1975 - 1976 | 43 | 1/1 | -153 | -109/-109 | 38 | 1/1 | -57 | -18/-18 | 39 | 1/1 | -41 | -1/-1 |
| 1976 - 1977 | 26 | 2/2 | -163 | -135/-135 | 71 | 1/1 | -78 | -6/-6 | 4 | 1/1 | -51 | -46/-46 |
| 1977 - 1978 | 50 | 6/6 | -92 | -36/-36 | 66 | 3/3 | -43 | 26/26 | 17 | 4/4 | -24 | -3/-3 |
| 1978 - 1979 | 69 | 6/6 | -77 | -2/-2 | 68 | 14/15 | -28 | 54/55 | 40 | 33/34 | -18 | 55/56 |

| | Lokakuu 1 - 31 | | | | Marraskuu 1 - 30 | | | | Joulukuu 1 - 31 | | | |
|-------------|----------------|-------|-----|---------|------------------|--------|-----|---------|-----------------|---------|----|---------|
| | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P |
| 1950 - 1951 | 65 | 42/44 | | 77/79 | 76 | 51/53 | | 107/109 | 102 | 90/93 | | 187/190 |
| 1951 - 1952 | 12 | -/- | | -18/-18 | 77 | 9/9 | | 66/66 | 62 | 66/69 | | 123/126 |
| 1952 - 1953 | 73 | 39/40 | | 82/83 | 72 | 34/35 | | 86/87 | 77 | 56/58 | | 128/130 |
| 1953 - 1954 | 39 | 22/22 | | 31/31 | 45 | 26/27 | | 51/52 | 27 | 37/38 | | 59/60 |
| 1954 - 1955 | 77 | 65/68 | | 112/115 | 89 | 98/101 | | 167/170 | 90 | 112/116 | | 197/201 |
| 1955 - 1956 | 71 | 12/12 | | 53/53 | 45 | 31/32 | | 56/57 | 86 | 21/30 | | 109/111 |
| 1956 - 1957 | 44 | 3/3 | | 17/17 | 20 | 1/4 | | 1/1 | 58 | 34/35 | | 87/88 |
| 1957 - 1958 | 19 | 82/84 | | 71/73 | 36 | 29/30 | | 45/46 | 42 | 72/74 | | 109/111 |
| 1958 - 1959 | 35 | 2/2 | | 7/7 | 63 | 7/7 | | 50/50 | 56 | 13/14 | | 64/65 |
| 1969 - 1960 | 44 | 1/1 | | 15/15 | 77 | 3/3 | | 60/60 | 55 | 13/14 | | 63/64 |
| 1960 - 1961 | 48 | 12/12 | | 30/30 | 94 | 54/53 | | 128/129 | 89 | 107/110 | | 191/194 |
| 1961 - 1962 | 54 | 21/21 | | 45/45 | 62 | 61/64 | | 103/106 | 66 | 33/34 | | 94/95 |
| 1962 - 1963 | 57 | 27/28 | | 54/54 | 48 | 34/35 | | 62/63 | 28 | 43/44 | | 66/67 |
| 1963 - 1964 | 108 | 70/72 | -30 | 148/150 | 60 | 35/37 | -20 | 75/77 | 29 | 21/21 | -5 | 45/45 |
| 1964 - 1965 | 48 | 10/10 | | 28/28 | 66 | 14/14 | | 60/60 | 96 | 101/105 | | 192/196 |
| 1965 - 1966 | 51 | 3/3 | | 24/24 | 42 | 21/21 | | 43/43 | 63 | 9/9 | | 67/67 |
| 1966 - 1967 | 38 | 23/23 | | 31/31 | 92 | 53/55 | | 125/127 | 109 | 47/49 | | 151/153 |
| 1967 - 1968 | 111 | 10/11 | | 91/92 | 61 | 44/46 | | 85/87 | 44 | 22/22 | | 61/61 |
| 1968 - 1969 | 118 | 10/10 | | 98/98 | 63 | 63/65 | | 106/108 | 41 | 30/31 | | 66/67 |
| 1969 - 1970 | 52 | 12/12 | | 34/34 | 124 | 75/78 | | 179/182 | 31 | 17/18 | | 43/44 |
| 1970 - 1971 | 30 | 5/5 | | 5/5 | 76 | 48/50 | | 104/106 | 64 | 68/71 | | 127/130 |
| 1971 - 1972 | 57 | 4/4 | | 31/31 | 62 | 10/11 | | 52/53 | 67 | 41/42 | | 103/104 |
| 1972 - 1973 | 38 | 12/13 | | 20/21 | 66 | 46/47 | | 92/93 | 31 | 67/69 | | 93/95 |
| 1973 - 1974 | 49 | 13/14 | | 32/33 | 77 | 18/19 | | 75/76 | 55 | 29/30 | | 79/80 |
| 1974 - 1975 | 117 | 83/85 | | 170/172 | 78 | 72/74 | | 130/132 | 129 | 131/135 | | 255/259 |
| 1975 - 1976 | 35 | 3/3 | | 8/8 | 54 | 5/5 | | 39/39 | 60 | 17/17 | | 72/72 |
| 1976 - 1977 | 21 | 1/1 | | -8/-8 | 61 | 6/6 | | 47/47 | 37 | 23/24 | | 55/56 |
| 1977 - 1978 | 59 | 25/26 | | 54/55 | 88 | 65/67 | | 133/135 | 34 | 34/35 | | 63/64 |
| 1978 - 1979 | 44 | 22/23 | | 36/37 | 58 | 45/47 | | 83/85 | 12 | 17/17 | | 24/24 |

| | Tammikuu 1 - 31 | | | | Helmikuu 1 - 28 | | | | Maaliskuu 1 - 31 | | | |
|-------------|-----------------|-------|----|---------|-----------------|-------|----|---------|------------------|---------|-----|---------|
| | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P |
| 1950 - 1951 | 62 | 7/7 | | 64/64 | 21 | 3/3 | | 19/19 | 42 | 2/2 | | 34/34 |
| 1951 - 1952 | 53 | 39/41 | | 87/89 | 84 | 11/11 | | 90/90 | 21 | 4/4 | | 15/15 |
| 1952 - 1953 | 44 | 22/23 | | 61/62 | 58 | 9/9 | | 62/62 | 11 | 137/142 | | 138/143 |
| 1953 - 1954 | 63 | 10/10 | | 68/68 | 5 | 3/3 | | 3/3 | 49 | 28/29 | | 67/68 |
| 1954 - 1955 | 89 | 9/9 | | 93/93 | 13 | 29/30 | | 37/38 | 22 | 2/2 | | 14/14 |
| 1955 - 1956 | 49 | 28/29 | | 72/72 | 40 | 3/3 | | 38/38 | 8 | 34/35 | | 32/33 |
| 1956 - 1957 | 41 | 4/4 | | 40/40 | 53 | 1/1 | | 49/49 | 23 | 2/2 | | 15/15 |
| 1957 - 1958 | 29 | 11/12 | | 35/36 | 11 | 4/4 | | 10/10 | 18 | 2/2 | | 10/10 |
| 1958 - 1959 | 87 | 6/6 | | 88/88 | 21 | 7/8 | | 23/24 | 32 | 125/129 | | 147/151 |
| 1959 - 1960 | 96 | 3/3 | | 94/94 | 27 | 1/1 | | 23/23 | 7 | 1/1 | | -2/-2 |
| 1960 - 1961 | 78 | 20/20 | | 93/93 | 41 | 41/43 | | 77/79 | 30 | 120/124 | | 140/144 |
| 1961 - 1962 | 55 | 56/57 | | 106/107 | 54 | 46/48 | | 95/97 | 25 | 9/9 | | 24/24 |
| 1962 - 1963 | 31 | 3/3 | | 29/29 | 17 | 3/3 | | 15/15 | 16 | 1/1 | | 7/7 |
| 1963 - 1964 | 27 | 7/7 | -5 | 29/29 | 67 | 4/4 | -5 | 66/66 | 5 | 1/1 | -10 | -4/-4 |
| 1964 - 1965 | 76 | 26/27 | | 97/98 | 30 | 12/13 | | 37/38 | 24 | 8/8 | | 22/22 |
| 1965 - 1966 | 33 | 3/3 | | 31/31 | 27 | 3/3 | | 25/25 | 42 | 2/3 | | 34/35 |
| 1966 - 1967 | 56 | 11/11 | | 62/62 | 47 | 6/6 | | 48/48 | 41 | 130/135 | | 161/166 |
| 1967 - 1968 | 48 | 1/1 | | 44/44 | 26 | 1/1 | | 22/22 | 39 | 124/128 | | 153/157 |
| 1968 - 1969 | 42 | 7/7 | | 44/44 | 32 | 4/4 | | 31/31 | 4 | 2/2 | | -4/-4 |
| 1969 - 1970 | 41 | 6/6 | | 42/42 | 28 | 2/2 | | 25/25 | 69 | 7/7 | | 66/66 |
| 1970 - 1971 | 61 | 61/63 | | 117/119 | 54 | 34/35 | | 83/84 | 40 | 11/11 | | 41/41 |
| 1971 - 1972 | 9 | 9/9 | | 13/13 | 50 | 1/1 | | 46/46 | 17 | 2/3 | | 9/10 |
| 1972 - 1973 | 26 | 9/9 | | 30/30 | 43 | 6/6 | | 44/44 | 38 | 34/35 | | 62/63 |
| 1973 - 1974 | 99 | 47/49 | | 141/143 | 83 | 15/18 | | 153/156 | 32 | 40/42 | | 62/62 |
| 1974 - 1975 | 75 | 82/85 | | 152/155 | 23 | 19/19 | | 37/37 | 32 | 15/15 | | 37/37 |
| 1975 - 1976 | 54 | 7/7 | | 56/56 | 44 | 3/3 | | 42/42 | 39 | 9/9 | | 38/38 |
| 1976 - 1977 | 68 | 3/3 | | 66/66 | 25 | 2/2 | | 22/22 | 35 | 60/62 | | 85/87 |
| 1977 - 1978 | 51 | 6/6 | | 52/52 | 19 | 2/3 | | 16/17 | 73 | 11/12 | | 74/75 |
| 1978 - 1979 | 58 | 2/2 | | 55/55 | 10 | 1/1 | | 6/6 | 45 | 3/3 | | 38/38 |

| | Huhtikuu 1 - 30 | | | | Toukokuu 1 - 15 | | | |
|-------------|-----------------|---------|-----|---------|-----------------|---------|-----|---------|
| | S | Q/Q | E | P/P | S | Q/Q | E | P/P |
| 1950 - 1951 | 84 | 153/159 | -15 | 222/228 | 5 | 10/10 | -8 | 7/7 |
| 1951 - 1952 | 44 | 91/94 | | 120/123 | 3 | 2/2 | -10 | -5/-5 |
| 1952 - 1953 | 22 | 78/81 | | 85/88 | 1 | 1/1 | -11 | -9/-9 |
| 1953 - 1954 | 41 | 64/66 | | 90/92 | 1 | 18/19 | -8 | 11/12 |
| 1954 - 1955 | 18 | 22/23 | | 25/26 | 49 | 125/130 | -13 | 161/166 |
| 1955 - 1956 | 29 | 46/47 | | 60/61 | 10 | 97/101 | -9 | 99/103 |
| 1956 - 1957 | 19 | 63/65 | | 67/68 | 33 | 57/59 | -10 | 80/82 |
| 1957 - 1958 | 19 | 47/48 | | 51/52 | 29 | 57/59 | -9 | 77/79 |
| 1958 - 1959 | 46 | 86/89 | | 117/120 | 6 | 5/5 | -14 | -3/-3 |
| 1959 - 1960 | 19 | 82/85 | | 86/89 | 10 | 12/12 | -9 | 13/13 |
| 1960 - 1961 | 14 | 30/31 | | 29/30 | 19 | 6/6 | -7 | 18/18 |
| 1961 - 1962 | 36 | 170/176 | | 191/197 | 12 | 23/23 | -9 | 26/26 |
| 1962 - 1963 | 48 | 53/55 | | 86/88 | 11 | 18/18 | -12 | 17/17 |
| 1963 - 1964 | 33 | 55/57 | | 73/75 | 10 | 29/30 | -8 | 31/32 |
| 1964 - 1965 | 26 | 62/64 | | 73/75 | 1 | 4/4 | -14 | -9/-9 |
| 1965 - 1966 | 33 | 58/60 | | 76/78 | 2 | 170/176 | -11 | 161/167 |
| 1966 - 1967 | 22 | 129/128 | | 130/135 | 33 | 19/19 | -7 | 45/45 |
| 1967 - 1968 | 40 | 55/58 | | 80/83 | 27 | 12/12 | -7 | 32/32 |
| 1968 - 1969 | 45 | 121/125 | | 151/155 | 16 | 13/14 | -9 | 20/21 |
| 1969 - 1970 | 93 | 156/161 | | 234/239 | - | 72/75 | -13 | 59/62 |
| 1970 - 1971 | 22 | 97/100 | | 104/107 | 7 | 8/8 | -11 | 4/4 |
| 1971 - 1972 | 69 | 105/108 | | 159/162 | - | 32/33 | -11 | 21/22 |
| 1972 - 1973 | 51 | 61/64 | | 97/100 | 21 | 26/27 | -8 | 39/40 |
| 1973 - 1974 | 11 | 117/121 | | 113/117 | 6 | 11/11 | -12 | 5/5 |
| 1974 - 1975 | 40 | 39/40 | | 64/65 | 22 | 6/6 | -11 | 17/17 |
| 1975 - 1976 | 24 | 116/120 | | 125/129 | 11 | 20/21 | -10 | 21/22 |
| 1976 - 1977 | 68 | 95/99 | | 148/152 | 38 | 43/44 | -7 | 74/75 |
| 1977 - 1978 | 18 | 112/116 | | 115/119 | 12 | 12/12 | -9 | 15/15 |
| 1978 - 1979 | 39 | 94/97 | | 118/121 | 27 | 61/63 | -5 | 83/85 |

Liite 5/1

Liite 5

Patovaihtoehdon 1 mukaisen altaan nettotulovalunnat ja kumulatiiviset kuukausittaiset pinnankorkeudet vedenotolla 3.0 ja 6.0 milj. m³/a vuosina 1950 - 1979. Lähtö- ja maksimitasona 15.5.1950 pinnantaso.

| 16.5 - 15.5 | Toukokuu 31 | | | Kesäkuu 30 | | | Heinäkuu 31 | | | Elokuu 31 | | |
|-------------|-------------|------|------|------------|------|------|-------------|------|------|-----------|------|------|
| | p | -9 | -17 | p | -17 | -34 | p | -17 | -34 | p | -17 | -34 |
| 1950 - 1951 | 12 | 0 | -5 | -60 | -77 | -99 | -48 | -142 | -181 | -50 | -209 | -265 |
| 1951 - 1952 | -4 | -14 | -31 | -41 | -72 | -106 | -42 | -131 | -182 | -55 | -203 | -271 |
| 1952 - 1953 | 1 | -21 | -103 | -66 | -104 | -203 | -29 | -150 | -266 | -43 | -210 | -343 |
| 1953 - 1954 | 22 | -4 | -21 | -20 | -41 | -75 | 21 | -37 | -88 | 41 | -13 | -81 |
| 1954 - 1955 | 11 | 0 | -12 | -22 | -39 | -68 | 138 | 0 | 0 | 66 | 0 | 0 |
| 1955 - 1956 | 28 | 0 | 0 | -104 | -121 | -138 | -117 | -255 | -289 | -128 | -400 | -451 |
| 1956 - 1957 | 1 | -8 | -184 | 13 | -12 | -205 | -60 | -89 | -299 | -58 | -164 | -391 |
| 1957 - 1958 | -9 | -13 | -385 | -16 | -46 | -435 | -44 | -107 | -513 | 9 | -115 | -538 |
| 1958 - 1959 | 63 | 0 | -260 | -42 | -59 | -336 | -46 | -122 | -416 | -46 | -185 | -496 |
| 1959 - 1960 | -5 | -25 | -364 | -103 | -145 | -503 | -124 | -286 | -661 | -81 | -384 | -776 |
| 1960 - 1961 | -13 | -284 | -831 | -45 | -346 | -910 | -28 | -391 | -972 | 63 | -345 | -943 |
| 1961 - 1962 | 11 | 0 | -549 | 15 | -2 | -568 | 27 | 0 | -575 | 80 | 0 | -529 |
| 1962 - 1963 | 19 | 0 | -147 | -37 | -54 | -218 | -42 | -113 | -294 | 5 | -125 | -323 |
| 1963 - 1964 | 9 | 0 | -240 | -63 | -80 | -337 | -86 | -183 | -457 | 8 | -192 | -483 |
| 1964 - 1965 | -7 | -16 | -274 | -51 | -84 | -359 | -47 | -148 | -440 | -29 | -194 | -503 |
| 1965 - 1966 | 3 | -23 | -309 | -65 | -105 | -408 | 28 | -94 | -414 | -6 | -117 | -454 |
| 1966 - 1967 | 12 | 0 | -268 | -56 | -73 | -358 | -48 | -138 | -440 | -22 | -177 | -496 |
| 1967 - 1968 | 39 | 0 | 0 | -38 | -55 | -72 | -103 | -175 | -209 | 139 | -53 | -104 |
| 1968 - 1969 | 10 | 0 | -7 | -74 | -91 | -115 | -57 | -165 | -206 | -84 | -276 | -324 |
| 1969 - 1970 | 21 | 0 | -90 | -90 | -107 | -214 | -20 | -144 | -268 | -142 | -303 | -444 |
| 1970 - 1971 | 24 | 0 | -1 | -91 | -108 | -126 | 42 | -83 | -118 | -26 | -126 | -178 |
| 1971 - 1972 | -2 | -15 | -32 | -71 | -103 | -137 | -77 | -197 | -248 | -26 | -240 | -308 |
| 1972 - 1973 | 13 | 0 | -207 | -32 | -49 | -273 | 11 | -55 | -296 | 57 | -15 | -273 |
| 1973 - 1974 | 9 | 0 | -90 | -24 | -31 | -148 | -51 | -109 | -233 | -35 | -161 | -302 |
| 1974 - 1975 | 1 | -11 | -28 | -20 | -48 | -82 | 59 | -6 | -57 | -44 | -67 | -135 |
| 1975 - 1976 | 32 | 0 | 0 | -40 | -57 | -74 | -109 | -183 | -217 | -109 | -309 | -360 |
| 1976 - 1977 | -10 | -91 | -297 | -38 | -146 | -369 | -36 | -199 | -439 | -135 | -351 | -608 |
| 1977 - 1978 | 38 | -29 | 443 | -35 | -81 | -522 | 64 | -34 | -492 | -36 | -87 | -562 |
| 1978 - 1979 | -7 | -16 | -339 | -24 | -57 | -391 | 53 | -21 | -372 | -2 | -40 | -408 |

3.0 milj. m³/a = 205 mm/a = 17 mm/kk

6.0 milj. m³/a = 411 mm/a = 34 mm/kk

| | Syyskuu 15 | | | Syyskuu 30 | | | Lokakuu 31 | | | Marraskuu 30 | | |
|-------------|------------|------|------|------------|------|------|------------|------|------|--------------|------|------|
| | p | -9 | -17 | p | -8 | -17 | p | -17 | -34 | p | -17 | -34 |
| 1950 - 1951 | 8 | -208 | -274 | 36 | -180 | -255 | 77 | -120 | -212 | 107 | -30 | -139 |
| 1951 - 1952 | -6 | -218 | -294 | 4 | -222 | -307 | -18 | -257 | -359 | 66 | -208 | -327 |
| 1952 - 1953 | -23 | -242 | -383 | 5 | -245 | -395 | 82 | -180 | -347 | 86 | -111 | -295 |
| 1953 - 1954 | -3 | -25 | -101 | 11 | -22 | -107 | 31 | -8 | -110 | 51 | 0 | -93 |
| 1954 - 1955 | 12 | 0 | -5 | 135 | 0 | 0 | 112 | 0 | 0 | 167 | 0 | 0 |
| 1955 - 1956 | 32 | -377 | -436 | 23 | -362 | -430 | 53 | -326 | -411 | 56 | -287 | -389 |
| 1956 - 1957 | -28 | -201 | -436 | -10 | -219 | -463 | 17 | -219 | -480 | 1 | -235 | -513 |
| 1957 - 1958 | 17 | -107 | -538 | 99 | -16 | -456 | 71 | 0 | -419 | 45 | 0 | -408 |
| 1958 - 1959 | -32 | -226 | -545 | -15 | -239 | -577 | 7 | -229 | -604 | 50 | -196 | -588 |
| 1959 - 1960 | -49 | -442 | -842 | -36 | -486 | -895 | 15 | -488 | -914 | 60 | -445 | -888 |
| 1960 - 1961 | 7 | -347 | -953 | -23 | -378 | -993 | 30 | -365 | -997 | 128 | -259 | -901 |
| 1961 - 1962 | 11 | 0 | -535 | -23 | -31 | -575 | 45 | -3 | -564 | 103 | 0 | -495 |
| 1962 - 1963 | 21 | -113 | -319 | 26 | -95 | -310 | 54 | -58 | -290 | 62 | -13 | -262 |
| 1963 - 1964 | 58 | -143 | -442 | 4 | -147 | -455 | 148 | -16 | -341 | 75 | 0 | -300 |
| 1964 - 1965 | -14 | -217 | -534 | 13 | -212 | -537 | 28 | -201 | -543 | 60 | -158 | -517 |
| 1965 - 1966 | 20 | -106 | -451 | 3 | -111 | -465 | 24 | -104 | -475 | 43 | -78 | -466 |
| 1966 - 1967 | 24 | -162 | -489 | -8 | -178 | -514 | 31 | -164 | -517 | 125 | -56 | -426 |
| 1967 - 1968 | 50 | -12 | -71 | 8 | -12 | -80 | 91 | 0 | -23 | 85 | 0 | 0 |
| 1968 - 1969 | -17 | -302 | -358 | 27 | -283 | -348 | 98 | -202 | -284 | 106 | -113 | -212 |
| 1969 - 1970 | -5 | -317 | -466 | 51 | -274 | -432 | 34 | -257 | -432 | 179 | -95 | -287 |
| 1970 - 1971 | 10 | -125 | -185 | 35 | -98 | -167 | 5 | -110 | -196 | 104 | -23 | -126 |
| 1971 - 1972 | -15 | -264 | -340 | -22 | -294 | -379 | 31 | -280 | -382 | 52 | -245 | -364 |
| 1972 - 1973 | 2 | -22 | -288 | 4 | -26 | -301 | 20 | -23 | -315 | 92 | 0 | -257 |
| 1973 - 1974 | 37 | -133 | -282 | -5 | -146 | -304 | 32 | -131 | -306 | 75 | -92 | -265 |
| 1974 - 1975 | 49 | -27 | -103 | 19 | -16 | -101 | 170 | 0 | 0 | 130 | 0 | 0 |
| 1975 - 1976 | -18 | -336 | -395 | -1 | -345 | -413 | 8 | -354 | -439 | 39 | -332 | -434 |
| 1976 - 1977 | -6 | -365 | -631 | -46 | -419 | -694 | -8 | -444 | -736 | 47 | -414 | -723 |
| 1977 - 1978 | 26 | -70 | -553 | -3 | -81 | -573 | 54 | -44 | -553 | 133 | 0 | -454 |
| 1978 - 1979 | 54 | 0 | -371 | 55 | 0 | -333 | 36 | 0 | -331 | 83 | 0 | -282 |

| | Joulukuu 31 | | | Tammikuu 31 | | | Helmikuu 28 | | | Maaliskuu 31 | | |
|-------------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|--------------|------|------|
| | p | -17 | -34 | p | -17 | -34 | p | -17 | -34 | p | -17 | -34 |
| 1950 - 1951 | 187 | 0 | 0 | 64 | 0 | 0 | 19 | 0 | -15 | 34 | 0 | -15 |
| 1951 - 1952 | 123 | -102 | -238 | 81 | -32 | -185 | 90 | 0 | -129 | 15 | -2 | -148 |
| 1952 - 1953 | 128 | 0 | -201 | 61 | 0 | -174 | 62 | 0 | -147 | 138 | 0 | -42 |
| 1953 - 1954 | 59 | 0 | -68 | 68 | 0 | -34 | 3 | -14 | -65 | 67 | 0 | -32 |
| 1954 - 1955 | 197 | 0 | 0 | 93 | 0 | 0 | 37 | 0 | 0 | 14 | -3 | -20 |
| 1955 - 1956 | 110 | -194 | -313 | 72 | -139 | -275 | 38 | -118 | -271 | 32 | -103 | -273 |
| 1956 - 1957 | 87 | -165 | -460 | 40 | -142 | -454 | 49 | -110 | -439 | 15 | -112 | -458 |
| 1957 - 1958 | 109 | 0 | -333 | 35 | 0 | -332 | 10 | -7 | -356 | 10 | -14 | -380 |
| 1958 - 1959 | 64 | -149 | -558 | 88 | -78 | -504 | 23 | -72 | -515 | 147 | 0 | -402 |
| 1959 - 1960 | 63 | -399 | -859 | 94 | -322 | -799 | 23 | -316 | -810 | -2 | -335 | -846 |
| 1960 - 1961 | 191 | -80 | -744 | 93 | -4 | -685 | 77 | 0 | -642 | 140 | 0 | -536 |
| 1961 - 1962 | 94 | 0 | -435 | 106 | 0 | -363 | 95 | 0 | -302 | 24 | 0 | -312 |
| 1962 - 1963 | 66 | 0 | -230 | 29 | 0 | -235 | 15 | -2 | -254 | 7 | -12 | -281 |
| 1963 - 1964 | 45 | 0 | -289 | 29 | 0 | -294 | 66 | 0 | -262 | -4 | -21 | -300 |
| 1964 - 1965 | 192 | 0 | -359 | 97 | 0 | -296 | 37 | 0 | -293 | 22 | 0 | -305 |
| 1965 - 1966 | 67 | -28 | -433 | 31 | -14 | -437 | 25 | -6 | -446 | 34 | 0 | -446 |
| 1966 - 1967 | 151 | 0 | -309 | 62 | 0 | -281 | 48 | 0 | -267 | 161 | 0 | -140 |
| 1967 - 1968 | 61 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 22 | 0 | -12 | 153 | 0 | 0 |
| 1968 - 1969 | 66 | -64 | -180 | 44 | -37 | -170 | 31 | -23 | -173 | -4 | -44 | -211 |
| 1969 - 1970 | 43 | -69 | -278 | 42 | -44 | -270 | 25 | -36 | -279 | 66 | 0 | -247 |
| 1970 - 1971 | 127 | 0 | -33 | 117 | 0 | 0 | 83 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 |
| 1971 - 1972 | 103 | -159 | -295 | 13 | -155 | -316 | 46 | -126 | -304 | 9 | -134 | -329 |
| 1972 - 1973 | 93 | 0 | -198 | 30 | 0 | -202 | 44 | 0 | -192 | 62 | 0 | -164 |
| 1973 - 1974 | 79 | -30 | -220 | 141 | 0 | -113 | 153 | 0 | 0 | 62 | 0 | 0 |
| 1974 - 1975 | 255 | 0 | 0 | 152 | 0 | 0 | 37 | 0 | 0 | 37 | 0 | 0 |
| 1975 - 1976 | 72 | -277 | -396 | 56 | -238 | -374 | 42 | -213 | -366 | 38 | -192 | -362 |
| 1976 - 1977 | 55 | -376 | -702 | 66 | -327 | -670 | 22 | -322 | -682 | 85 | -254 | -631 |
| 1977 - 1978 | 63 | 0 | -425 | 52 | 0 | -417 | 16 | -1 | -425 | 74 | 0 | -325 |
| 1978 - 1979 | 24 | 0 | -292 | 55 | 0 | -271 | 6 | -11 | -299 | 38 | 0 | -295 |

| | Huhtikuu 30 | | | Toukokuu 31 | | | Jakson alin taso | |
|-------------|-------------|------|------|-------------|------|------|------------------|------|
| | p | -17 | -34 | p | -8 | -17 | 205 | 411 |
| 1950 - 1951 | 222 | 0 | 0 | 7 | -1 | -10 | -209 | -274 |
| 1951 - 1952 | 120 | 0 | -65 | -5 | -13 | -87 | -257 | -359 |
| 1952 - 1953 | 85 | 0 | 0 | -9 | -17 | -26 | -245 | -395 |
| 1953 - 1954 | 90 | 0 | 0 | 11 | 0 | -6 | -41 | -110 |
| 1954 - 1955 | 25 | 0 | -29 | 161 | 0 | 0 | -39 | -68 |
| 1955 - 1956 | 60 | -60 | -247 | 99 | 0 | -168 | -400 | -451 |
| 1956 - 1957 | 67 | -62 | -428 | 80 | 0 | -365 | -235 | -513 |
| 1957 - 1958 | 51 | 0 | -366 | 77 | 0 | -306 | -115 | -538 |
| 1958 - 1959 | 117 | 0 | -322 | -3 | -11 | -342 | -239 | -604 |
| 1959 - 1960 | 86 | -267 | -797 | 13 | -262 | -801 | -488 | -914 |
| 1960 - 1961 | 29 | 0 | -544 | 18 | 0 | -543 | -391 | -997 |
| 1961 - 1962 | 191 | 0 | -158 | 26 | 0 | -149 | -31 | -575 |
| 1962 - 1963 | 86 | 0 | -232 | 17 | 0 | -232 | -125 | -323 |
| 1963 - 1964 | 73 | 0 | -264 | 31 | 0 | -250 | -192 | -483 |
| 1964 - 1965 | 73 | 0 | -269 | -9 | -17 | -295 | -217 | -543 |
| 1965 - 1966 | 76 | 0 | -407 | 161 | 0 | -263 | -178 | -517 |
| 1966 - 1967 | 130 | 0 | -47 | 45 | 0 | -19 | -175 | -209 |
| 1967 - 1968 | 80 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | -302 | -358 |
| 1968 - 1969 | 151 | 0 | -97 | 20 | 0 | -94 | -317 | -466 |
| 1969 - 1970 | 234 | 0 | -50 | 59 | 0 | -8 | -126 | -185 |
| 1970 - 1971 | 104 | 0 | 0 | 4 | -4 | -13 | -294 | -379 |
| 1971 - 1972 | 159 | 0 | -207 | 21 | 0 | -203 | -55 | -315 |
| 1972 - 1973 | 97 | 0 | -104 | 39 | 0 | -82 | -161 | -306 |
| 1973 - 1974 | 113 | 0 | 0 | 5 | -3 | -12 | -57 | -135 |
| 1974 - 1975 | 64 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | -354 | -439 |
| 1975 - 1976 | 125 | -85 | -274 | 21 | -72 | -270 | -444 | -736 |
| 1976 - 1977 | 148 | -124 | 521 | 74 | -58 | -464 | -87 | -563 |
| 1977 - 1978 | 115 | 0 | -307 | 15 | 0 | -309 | -57 | -408 |
| 1978 - 1979 | 118 | 0 | -211 | 83 | 0 | -143 | | |

Liite 6/1

Liite 6 Patovaihtoehtoon 2 mukaisen altaan nettotulovalunnat ja kumulatiiviset kuukausittaiset pinnankorkeudet vedenotoilla 3.0, 6.0 ja 9.0 milj. m³/a vuosina 1950 - 1979. Läntö- ja maksimipinnantasona 15.5.1950 pinnantaso.

| 16.5-15.5 | Toukokuu 31 | | | | Kesäkuu 30 | | | | Heinäkuu 31 | | | |
|-------------|-------------|------|------|-------|------------|------|------|-------|-------------|------|------|-------|
| | P | -7 | -13 | -19 | P | -13 | -26 | -39 | P | -13 | -26 | -39 |
| 1950 - 1951 | 12 | 0 | -1 | -7 | -60 | -73 | -87 | -106 | -48 | -134 | -161 | -193 |
| 1951 - 1952 | -4 | -11 | -23 | -35 | -41 | -65 | -90 | -115 | -42 | -120 | -158 | -196 |
| 1952 - 1953 | 1 | -17 | -30 | -152 | -66 | -96 | -122 | -257 | -29 | -138 | -177 | -325 |
| 1953 - 1954 | 22 | 0 | -13 | -105 | -19 | -32 | -58 | -164 | 22 | -23 | -62 | -180 |
| 1954 - 1955 | 11 | 0 | -3 | -119 | -22 | -35 | -51 | -180 | 139 | 0 | 0 | -80 |
| 1955 - 1956 | 29 | 0 | 0 | 0 | -104 | -117 | -130 | -143 | -117 | -247 | -273 | -299 |
| 1956 - 1957 | 1 | -6 | -74 | -229 | 13 | -6 | -87 | -255 | -60 | -79 | -173 | -354 |
| 1957 - 1958 | -3 | -10 | -169 | -479 | -16 | -39 | -211 | -534 | -44 | -96 | -281 | -617 |
| 1958 - 1959 | 65 | 0 | 0 | -393 | -42 | -55 | -68 | -474 | -46 | -114 | -140 | -559 |
| 1959 - 1960 | -5 | -21 | -34 | -451 | -103 | -137 | -163 | -683 | -124 | -274 | -313 | -846 |
| 1960 - 1961 | -13 | -226 | -393 | -1055 | -44 | -283 | -463 | -1138 | -27 | -323 | -516 | -1204 |
| 1961 - 1962 | 11 | 0 | -2 | -814 | 15 | 0 | -13 | -838 | 28 | 0 | -11 | -849 |
| 1962 - 1963 | 19 | 0 | 0 | -449 | -37 | -50 | -63 | -525 | -42 | -105 | -131 | -606 |
| 1963 - 1964 | 9 | 0 | -4 | -589 | -63 | -76 | -93 | -691 | -86 | -175 | -205 | -816 |
| 1964 - 1965 | -7 | -14 | -20 | -668 | -51 | -78 | -97 | -758 | -47 | -138 | -170 | -844 |
| 1965 - 1966 | 3 | -19 | -32 | -749 | -65 | -97 | -123 | -853 | 28 | -82 | -121 | -864 |
| 1966 - 1967 | 12 | 0 | -1 | -751 | -56 | -69 | -83 | -846 | -47 | -129 | -146 | -932 |
| 1967 - 1968 | 39 | 0 | 0 | -518 | -38 | -51 | -64 | -595 | -103 | -167 | -193 | -737 |
| 1968 - 1969 | 10 | 0 | -3 | -335 | -74 | -87 | -103 | -448 | -57 | -157 | -186 | -544 |
| 1969 - 1970 | 21 | 1 | 0 | -463 | -89 | -102 | -115 | -591 | -20 | -135 | -161 | -650 |
| 1970 - 1971 | 25 | 0 | 0 | -413 | -91 | -104 | -117 | -543 | 43 | -74 | -100 | -539 |
| 1971 - 1972 | -2 | -11 | -24 | -312 | -71 | -95 | -121 | -422 | -77 | -185 | -224 | -538 |
| 1972 - 1973 | 13 | 0 | -90 | -533 | -32 | -45 | -148 | -604 | 12 | -46 | -162 | -631 |
| 1973 - 1974 | 9 | 0 | -4 | -457 | -24 | -37 | -54 | -520 | -51 | -101 | -131 | -610 |
| 1974 - 1975 | 1 | -7 | -20 | -327 | -20 | -40 | -66 | -386 | 60 | 0 | -32 | -365 |
| 1975 - 1976 | 32 | 0 | 0 | 0 | -40 | -53 | -66 | -79 | -109 | -175 | -201 | -227 |
| 1976 - 1977 | -10 | -36 | -190 | -345 | -37 | -86 | -253 | -421 | -36 | -135 | -315 | -496 |
| 1977 - 1978 | 39 | 0 | -223 | -533 | -35 | -48 | -284 | -607 | 64 | 0 | -246 | -582 |
| 1978 - 1979 | -7 | -14 | -20 | -457 | -24 | -51 | -70 | -520 | -53 | -117 | -149 | -612 |

3.0 milj. m³/a = 155 mm/a

6.0 milj. m³/a = 309 mm/a

9.0 milj. m³/a = 464 mm/a

| | Elokuu 31 | | | | Syyskuu 15 | | | | Syyskuu 30 | | | |
|-------------|-----------|------|------|-------|------------|------|------|-------|------------|------|------|-------|
| | P | -13 | -26 | -39 | P | -6 | -13 | -19 | P | -7 | -13 | -19 |
| 1950 - 1951 | -50 | -197 | -237 | -282 | 8 | -195 | -242 | -293 | 37 | -165 | -218 | -275 |
| 1951 - 1952 | -55 | -188 | -239 | -290 | -6 | -200 | -258 | -315 | 4 | -203 | -267 | -330 |
| 1952 - 1953 | -43 | -194 | -246 | -407 | -23 | -223 | -282 | -449 | 5 | -225 | -290 | -463 |
| 1953 - 1954 | 42 | 0 | -46 | -177 | -3 | -9 | -62 | -199 | 11 | -5 | -64 | -207 |
| 1954 - 1955 | 67 | 0 | 0 | -52 | 12 | 0 | -1 | -59 | 138 | 0 | 0 | 0 |
| 1955 - 1956 | -128 | -388 | -427 | -466 | 32 | -362 | -408 | -453 | 23 | -344 | -398 | -449 |
| 1956 - 1957 | -58 | -150 | -257 | 451 | -28 | -184 | -298 | -498 | -10 | -201 | -321 | -527 |
| 1957 - 1958 | 10 | -99 | -297 | -646 | 17 | -88 | -293 | -648 | 101 | 0 | -205 | -566 |
| 1958 - 1959 | -46 | -173 | -212 | -644 | -32 | -211 | -257 | -695 | -15 | -233 | -285 | -729 |
| 1959 - 1960 | -81 | -368 | -420 | -966 | -49 | -423 | -482 | -1034 | -36 | -466 | -531 | -1089 |
| 1960 - 1961 | 64 | -272 | -478 | -1179 | 7 | -271 | -484 | -1191 | -23 | -301 | -520 | -1233 |
| 1961 - 1962 | 82 | 0 | 0 | -806 | 11 | 0 | -2 | -814 | -22 | -29 | -37 | -855 |
| 1962 - 1963 | 5 | -113 | -152 | -640 | 22 | -97 | -143 | -637 | 27 | -77 | -129 | -629 |
| 1963 - 1964 | 8 | -180 | -223 | -847 | 59 | -127 | -177 | -807 | 4 | -130 | -186 | -822 |
| 1964 - 1965 | -29 | -180 | -225 | -912 | -14 | -200 | -252 | -945 | 13 | -194 | -252 | -951 |
| 1965 - 1966 | -5 | -100 | -152 | -908 | 20 | -86 | -145 | -907 | 3 | -90 | -155 | -923 |
| 1966 - 1967 | -22 | -164 | -194 | -993 | 24 | -146 | -183 | -988 | -8 | -159 | -202 | -1013 |
| 1967 - 1968 | 140 | -40 | -79 | -636 | 52 | 0 | -40 | -603 | 8 | 0 | -45 | -614 |
| 1968 - 1969 | -84 | -244 | -296 | -667 | -17 | -267 | -326 | -703 | 27 | -247 | -312 | -695 |
| 1969 - 1970 | -142 | -290 | -329 | -831 | -5 | -301 | -347 | -855 | 51 | -257 | -309 | -823 |
| 1970 - 1971 | -26 | -113 | -152 | -604 | 10 | -109 | -155 | -613 | 35 | -81 | -133 | -597 |
| 1971 - 1972 | -26 | -224 | -276 | -603 | -15 | -245 | -304 | -697 | -22 | -274 | -339 | -678 |
| 1972 - 1973 | 59 | 0 | -129 | -611 | 2 | -4 | -140 | -628 | 4 | -7 | -149 | -643 |
| 1973 - 1974 | -35 | -149 | -192 | -684 | 37 | -118 | -168 | -666 | -5 | -130 | -186 | -690 |
| 1974 - 1975 | -44 | -57 | -102 | -448 | 49 | -14 | -66 | -418 | 19 | -2 | -60 | -418 |
| 1975 - 1976 | -109 | -297 | -336 | -375 | -18 | -321 | -367 | -412 | -1 | -329 | -381 | -432 |
| 1976 - 1977 | -135 | -283 | -476 | -670 | -6 | -295 | -495 | -695 | -46 | -348 | -554 | -760 |
| 1977 - 1978 | -36 | -49 | -308 | -657 | 26 | -29 | -295 | -650 | -3 | -39 | -311 | -672 |
| 1978 - 1979 | -2 | -132 | -177 | -653 | 55 | -83 | -135 | -617 | 56 | -34 | -98 | -580 |

| | Lokakuu 31 | | | | Marraskuu 30 | | | | Joulukuu 31 | | | |
|-------------|------------|------|------|-------|--------------|------|------|-------|-------------|------|------|-------|
| | P | -13 | -26 | -39 | P | -13 | -26 | -39 | P | -13 | -26 | -39 |
| 1950 - 1951 | 79 | -99 | -169 | -235 | 109 | -3 | -86 | -165 | 190 | 0 | 0 | -14 |
| 1951 - 1952 | -18 | -234 | -301 | -387 | 66 | -181 | -261 | -360 | 126 | -68 | -161 | -273 |
| 1952 - 1953 | 83 | -155 | -233 | -419 | 87 | -91 | -172 | -371 | 130 | 0 | -68 | -280 |
| 1953 - 1954 | 31 | 0 | -59 | -215 | 52 | 0 | -33 | -202 | 60 | 0 | 0 | -181 |
| 1954 - 1955 | 115 | 0 | 0 | 0 | 170 | 0 | 0 | 0 | 210 | 0 | 0 | 0 |
| 1955 - 1956 | 53 | -340 | -371 | -435 | 57 | -296 | -340 | -417 | 111 | -198 | -255 | -345 |
| 1956 - 1957 | 17 | -197 | -330 | -549 | 1 | -209 | -355 | -587 | 88 | -134 | -293 | -538 |
| 1957 - 1958 | 73 | 0 | -158 | -532 | 46 | 0 | -138 | -525 | 111 | 0 | -53 | -453 |
| 1958 - 1959 | 7 | -239 | -314 | -761 | 50 | -202 | -290 | -750 | 65 | -150 | -251 | -724 |
| 1959 - 1960 | 15 | -464 | -542 | -1113 | 60 | -417 | -508 | -1092 | 64 | -366 | -470 | -1067 |
| 1960 - 1961 | 30 | -284 | -516 | -1242 | 129 | -168 | -413 | -1152 | 194 | 0 | -245 | -997 |
| 1961 - 1962 | 45 | 0 | -18 | -849 | 106 | 0 | 0 | -782 | 95 | 0 | 0 | -726 |
| 1962 - 1963 | 54 | -36 | -101 | -514 | 63 | 0 | -64 | -590 | 67 | 0 | -23 | -562 |
| 1963 - 1964 | 150 | 0 | -62 | -711 | 77 | 0 | -14 | -673 | 45 | 0 | 0 | -667 |
| 1964 - 1965 | 28 | -179 | -250 | -962 | 60 | -132 | -216 | -841 | 196 | 0 | -46 | -784 |
| 1965 - 1966 | 24 | -79 | -153 | -938 | 43 | -49 | -136 | -934 | 67 | 0 | -96 | -907 |
| 1966 - 1967 | 31 | -141 | -197 | -1021 | 127 | -27 | -96 | -933 | 153 | 0 | 0 | -819 |
| 1967 - 1968 | 92 | 0 | 0 | -561 | 87 | 0 | 0 | -513 | 61 | 0 | 0 | -491 |
| 1968 - 1969 | 98 | -162 | -240 | -636 | 108 | -67 | -158 | -567 | 67 | -13 | -117 | -539 |
| 1969 - 1970 | 34 | -236 | -301 | -828 | 182 | -67 | -145 | -685 | 44 | -36 | -127 | -680 |
| 1970 - 1971 | 5 | -88 | -154 | -631 | 106 | 0 | -64 | -564 | 130 | 0 | 0 | -473 |
| 1971 - 1972 | 31 | -256 | -334 | -686 | 53 | -216 | -307 | -672 | 104 | -125 | -229 | -607 |
| 1972 - 1973 | 21 | 0 | -154 | -661 | 93 | 0 | -87 | -607 | 95 | 0 | -18 | -551 |
| 1973 - 1974 | 33 | -110 | -179 | -696 | 76 | -47 | -129 | -659 | 80 | 0 | -75 | -618 |
| 1974 - 1975 | 172 | 0 | 0 | -285 | 132 | 0 | 0 | -192 | 259 | 0 | 0 | 0 |
| 1975 - 1976 | 8 | -334 | -399 | -463 | 39 | -308 | -386 | -463 | 72 | -249 | -340 | -430 |
| 1976 - 1977 | -8 | -369 | -588 | -807 | 47 | -335 | -567 | -799 | 56 | -292 | -537 | -782 |
| 1977 - 1978 | 55 | 0 | -282 | -656 | 135 | 0 | -173 | -560 | 64 | 0 | -135 | -535 |
| 1978 - 1979 | 37 | -10 | -87 | -582 | 85 | 0 | -78 | -536 | 24 | 0 | -30 | -551 |

| | Tammikuu 31 | | | | Helmikuu 28 | | | | Maaliskuu 31 | | | |
|-------------|-------------|------|------|-------|-------------|------|------|-------|--------------|------|------|-------|
| | P | -13 | -26 | -39 | P | -12 | -23 | -37 | P | -13 | -26 | -39 |
| 1950 - 1951 | 64 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | -4 | -18 | 34 | 0 | 0 | -23 |
| 1951 - 1952 | 89 | 0 | -98 | -223 | 90 | 0 | -31 | -170 | 15 | 0 | -42 | -194 |
| 1952 - 1953 | 62 | 0 | -32 | -257 | 62 | 0 | 0 | -232 | 143 | 0 | 0 | -128 |
| 1953 - 1954 | 68 | 0 | 0 | -152 | 3 | -9 | -20 | -186 | 68 | 0 | 0 | -157 |
| 1954 - 1955 | 93 | 0 | 0 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | -12 | -25 |
| 1955 - 1956 | 72 | -139 | -209 | -312 | 38 | -113 | -194 | -311 | 33 | -93 | -187 | -317 |
| 1956 - 1957 | 40 | -107 | -279 | -537 | 49 | -70 | -253 | -525 | 15 | -68 | -264 | -549 |
| 1957 - 1958 | 36 | 0 | -43 | -456 | 10 | -2 | -56 | -483 | 10 | -5 | -72 | -512 |
| 1958 - 1959 | 88 | -75 | -189 | -675 | 24 | -63 | -188 | -688 | 151 | 0 | -63 | -576 |
| 1959 - 1960 | 94 | -285 | -402 | -1012 | 23 | -274 | -402 | -1026 | -2 | -289 | -430 | -1067 |
| 1960 - 1961 | 93 | 0 | -178 | -943 | 79 | 0 | -122 | -901 | 144 | 0 | -4 | -796 |
| 1961 - 1962 | 107 | 0 | 0 | -658 | 97 | 0 | 0 | -598 | 24 | 0 | -2 | -613 |
| 1962 - 1963 | 29 | 0 | -20 | -572 | 15 | 0 | -28 | -594 | 7 | -6 | -47 | -626 |
| 1963 - 1964 | 29 | 0 | 0 | -677 | 66 | 0 | 0 | -648 | -4 | -17 | -30 | -691 |
| 1964 - 1965 | 98 | 0 | 0 | -725 | 38 | 0 | 0 | -724 | 22 | 0 | -4 | -741 |
| 1965 - 1966 | 31 | 0 | -91 | -915 | 25 | 0 | -89 | -927 | 35 | 0 | -80 | -931 |
| 1966 - 1967 | 62 | 0 | 0 | -796 | 48 | 0 | 0 | -785 | 166 | 0 | 0 | -658 |
| 1967 - 1968 | 44 | 0 | 0 | -486 | 22 | 0 | -1 | -501 | 157 | 0 | 0 | -383 |
| 1968 - 1969 | 44 | 0 | -99 | -534 | 31 | 0 | -91 | -540 | -4 | -17 | -121 | -583 |
| 1969 - 1970 | 42 | -7 | -111 | -677 | 25 | 0 | -109 | -689 | 66 | 0 | -69 | -662 |
| 1970 - 1971 | 119 | 0 | 0 | -393 | 84 | 0 | 0 | -346 | 41 | 0 | 0 | -344 |
| 1971 - 1972 | 13 | -125 | -242 | -633 | 46 | -91 | -219 | -624 | 10 | -94 | -235 | -653 |
| 1972 - 1973 | 30 | 0 | -14 | -560 | 44 | 0 | 0 | -553 | 63 | 0 | 0 | -529 |
| 1973 - 1974 | 143 | 0 | 0 | -515 | 156 | 0 | 0 | -396 | 62 | 0 | 0 | -373 |
| 1974 - 1975 | 155 | 0 | 0 | 0 | 37 | 0 | 0 | 0 | 37 | 0 | 0 | -2 |
| 1975 - 1976 | 56 | -206 | -310 | -413 | 42 | -176 | -291 | -408 | 38 | -151 | -279 | -409 |
| 1976 - 1977 | 66 | -239 | -497 | -755 | 22 | -229 | -498 | -770 | 87 | -155 | -437 | -722 |
| 1977 - 1978 | 52 | 0 | -107 | -523 | 17 | 0 | -113 | -543 | 75 | 0 | -64 | -507 |
| 1978 - 1979 | 55 | 0 | -1 | -535 | 6 | -6 | -18 | -566 | 38 | 0 | -6 | -567 |

| | Huhtikuu 30 | | | | Toukokuu 15 | | | | Jakson alin taso | | |
|-------------|-------------|------|------|-------|-------------|------|------|-------|------------------|------|-------|
| | P | -13 | -26 | -39 | P | -6 | -13 | -19 | -155 | -309 | -464 |
| 1950 - 1951 | 228 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | -6 | -12 | -197 | -242 | -293 |
| 1951 - 1952 | 123 | 0 | 0 | -110 | -5 | -11 | -18 | -134 | -234 | -301 | -387 |
| 1952 - 1953 | 88 | 0 | 0 | -79 | -9 | -15 | -22 | -108 | -225 | -290 | -463 |
| 1953 - 1954 | 92 | 0 | 0 | -104 | 12 | 0 | -1 | -111 | -32 | -64 | -215 |
| 1954 - 1955 | 26 | 0 | -12 | -38 | 166 | 0 | 0 | 0 | -35 | -51 | -180 |
| 1955 - 1956 | 61 | -45 | -152 | -295 | 103 | 0 | -62 | -211 | -388 | -427 | -466 |
| 1956 - 1957 | 68 | -13 | -222 | -520 | 82 | 0 | -153 | -457 | -209 | -355 | -587 |
| 1957 - 1958 | 52 | 0 | -46 | -499 | 79 | 0 | 0 | -439 | -99 | -297 | -646 |
| 1958 - 1959 | 120 | 0 | 0 | -495 | -3 | -9 | -16 | -517 | -239 | -314 | -761 |
| 1959 - 1960 | 89 | -213 | -367 | -1017 | 13 | -206 | -367 | -1023 | -466 | -542 | -1113 |
| 1960 - 1961 | 30 | 0 | 0 | -805 | 18 | 0 | 0 | -806 | -323 | -520 | -1242 |
| 1961 - 1962 | 197 | 0 | 0 | -456 | 26 | 0 | 0 | -449 | -29 | -37 | -855 |
| 1962 - 1963 | 88 | 0 | 0 | -577 | 17 | 0 | 0 | -579 | -113 | -152 | -640 |
| 1963 - 1964 | 75 | 0 | 0 | -655 | 32 | 0 | 0 | -642 | -180 | -223 | -847 |
| 1964 - 1965 | 75 | 0 | 0 | -705 | -9 | -15 | -22 | -733 | -200 | -252 | -962 |
| 1965 - 1966 | 78 | 0 | -28 | -892 | 167 | 0 | 0 | -744 | -100 | -155 | -938 |
| 1966 - 1967 | 135 | 0 | 0 | -562 | 45 | 0 | 0 | -538 | -163 | -202 | -1013 |
| 1967 - 1968 | 83 | 0 | 0 | -339 | 32 | 0 | 0 | -326 | -167 | -193 | -737 |
| 1968 - 1969 | 155 | 0 | 0 | -467 | 21 | 0 | 0 | -465 | -267 | -326 | -703 |
| 1969 - 1970 | 239 | 0 | 0 | -462 | 62 | 0 | 0 | -419 | -301 | -347 | -855 |
| 1970 - 1971 | 107 | 0 | 0 | -276 | 4 | -2 | -9 | -291 | -113 | -155 | -631 |
| 1971 - 1972 | 162 | 0 | -99 | -530 | 22 | 0 | -90 | -527 | -274 | -339 | -686 |
| 1972 - 1973 | 100 | 0 | 0 | -468 | 40 | 0 | 0 | -447 | -101 | -154 | -661 |
| 1973 - 1974 | 117 | 0 | 0 | -295 | 5 | -1 | -8 | -309 | -149 | -192 | -696 |
| 1974 - 1975 | 65 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | -2 | -57 | -102 | -448 |
| 1975 - 1976 | 129 | -35 | -176 | -319 | 22 | -19 | -167 | -316 | -334 | -399 | -463 |
| 1976 - 1977 | 152 | -16 | -311 | -609 | 75 | 0 | -249 | -553 | -369 | -588 | -807 |
| 1977 - 1978 | 119 | 0 | 0 | -427 | 15 | 0 | 0 | -431 | -48 | -308 | -672 |
| 1978 - 1979 | 121 | 0 | 0 | -485 | 85 | 0 | 0 | -419 | -132 | -177 | -653 |

Liite 7 Velhoveden ja meren välisten pienien aukkojen tiettyjä kokonaishäviöitä vastaavat virtaamat ja virtausnopeudet eri pinnan korkeuksilla

| | NN -0.50 ₂ H=1,5 m A=13.3 m ² R=1.16 | | | | | NN 0.00 H=2.0 A=18.3 m ² R=1.45 | | | | | NN 0.50 H=2.5 A=23.6 m ² R=1.71 | | | | |
|---|---|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Q m ³ /s | V m/s | hf ₁ cm | hf ₂ cm | hf ₁₊₂ cm | Q m ³ /s | V m/s | hf ₁ cm | hf ₂ cm | hf ₁₊₂ cm | Q m ³ /s | V m/s | hf ₁ cm | hf ₂ cm | hf ₁₊₂ cm |
| Siian- karin- rauma L = 400 m | 2.39 | 0.18 | 0.97 | 0.03 | 1.0 | 3.79 | 0.21 | 0.96 | 0.04 | 1.0 | 5.44 | 0.23 | 0.95 | 0.05 | 1.0 |
| | 4.13 | 0.31 | 2.90 | 0.10 | 3.0 | 6.55 | 0.36 | 2.87 | 0.13 | 3.0 | 9.40 | 0.40 | 2.84 | 0.16 | 3.0 |
| | 5.33 | 0.40 | 4.84 | 0.16 | 5.0 | 8.46 | 0.46 | 4.78 | 0.22 | 5.0 | 12.12 | 0.51 | 4.73 | 0.27 | 5.0 |
| | 6.52 | 0.49 | 7.25 | 0.25 | 7.5 | 10.37 | 0.57 | 7.17 | 0.33 | 7.5 | 14.87 | 0.63 | 7.10 | 0.40 | 7.5 |
| | 7.53 | 0.57 | 9.67 | 0.33 | 10.0 | 11.97 | 0.65 | 9.56 | 0.44 | 10.0 | 17.16 | 0.73 | 9.46 | 0.54 | 10.0 |
| | 9.23 | 0.69 | 14.51 | 0.49 | 15.0 | 14.67 | 0.80 | 14.35 | 0.65 | 15.0 | 21.02 | 0.89 | 14.21 | 0.81 | 15.0 |
| | 10.66 | 0.80 | 19.35 | 0.65 | 20.0 | 16.94 | 0.92 | 19.13 | 0.87 | 20.0 | 24.26 | 1.03 | 18.92 | 1.08 | 20.0 |
| | 11.92 | 0.90 | 24.19 | 0.82 | 25.0 | 18.93 | 1.03 | 23.91 | 1.09 | 25.0 | 27.13 | 1.15 | 23.65 | 1.35 | 25.0 |
| | 13.06 | 0.98 | 29.02 | 0.98 | 30.0 | 20.74 | 1.13 | 28.69 | 1.31 | 30.0 | 29.72 | 1.26 | 28.38 | 1.62 | 30.0 |
| | 14.10 | 1.06 | 33.85 | 1.15 | 35.0 | 22.40 | 1.22 | 33.47 | 1.53 | 35.0 | 32.10 | 1.36 | 33.11 | 1.89 | 35.0 |
| | 15.07 | 1.13 | 38.69 | 1.31 | 40.0 | 23.95 | 1.31 | 38.26 | 1.74 | 40.0 | 34.32 | 1.45 | 37.85 | 2.15 | 40.0 |
| Kurjen- karin- rauma L = 80 m | | | | | 50.0 | 26.78 | 1.46 | 47.82 | 2.18 | 50.0 | 38.37 | 1.63 | 47.31 | 2.69 | 50.0 |
| | | | | | | 29.33 | 1.60 | 57.38 | 2.62 | 60.0 | 42.04 | 1.78 | 56.77 | 3.23 | 60.0 |
| | 5.02 | 0.38 | 0.86 | 0.15 | 1.0 | 7.79 | 0.43 | 0.81 | 0.18 | 1.0 | 11.02 | 0.47 | 0.78 | 0.22 | 1.0 |
| | 8.68 | 0.65 | 2.57 | 0.43 | 3.0 | 13.55 | 0.74 | 2.45 | 0.56 | 3.0 | 19.08 | 0.81 | 2.34 | 0.66 | 3.0 |
| | 11.21 | 0.84 | 4.28 | 0.72 | 5.0 | 17.47 | 0.95 | 4.07 | 0.93 | 5.0 | 24.61 | 1.04 | 3.89 | 1.11 | 5.0 |
| | 13.72 | 1.03 | 6.42 | 1.08 | 7.5 | 21.40 | 1.17 | 6.11 | 1.39 | 7.5 | 30.15 | 1.28 | 5.84 | 1.67 | 7.5 |
| | 15.85 | 1.19 | 8.55 | 1.45 | 10.0 | 24.70 | 1.35 | 8.14 | 1.86 | 10.0 | 34.82 | 1.47 | 7.79 | 2.22 | 10.0 |
| | 19.40 | 1.46 | 12.83 | 2.17 | 15.0 | 30.27 | 1.65 | 12.22 | 2.78 | 15.0 | 42.65 | 1.81 | 11.69 | 3.32 | 15.0 |
| | 22.41 | 1.68 | 17.11 | 2.89 | 20.0 | 34.94 | 1.91 | 16.29 | 3.71 | 20.0 | 49.23 | 2.09 | 15.57 | 4.43 | 20.0 |
| | 25.05 | 1.88 | 21.39 | 3.61 | 25.0 | 39.07 | 2.13 | 20.36 | 4.64 | 25.0 | 55.03 | 2.33 | 19.46 | 5.54 | 25.0 |
| | 27.44 | 2.06 | 25.66 | 4.34 | 30.0 | 42.78 | 2.34 | 24.42 | 5.58 | 30.0 | 60.28 | 2.55 | 23.35 | 6.65 | 30.0 |
| | 29.64 | 2.23 | 29.94 | 5.06 | 35.0 | 46.22 | 2.52 | 28.50 | 6.50 | 35.0 | 65.11 | 2.76 | 27.24 | 7.76 | 35.0 |
| | 31.69 | 2.38 | 34.21 | 5.79 | 40.0 | 49.42 | 2.70 | 32.58 | 7.42 | 40.0 | 69.61 | 2.95 | 31.13 | 8.86 | 40.0 |
| | 35.42 | 2.66 | 42.76 | 7.24 | 50.0 | 55.25 | 3.02 | 40.72 | 9.28 | 50.0 | 77.83 | 3.30 | 38.92 | 10.08 | 50.0 |
| | | | | | | 60.52 | 3.31 | 48.86 | 11.14 | 60.0 | 85.25 | 3.61 | 46.70 | 13.29 | 60.0 |

hf₁ = uomahäviö

hf₂ = alku + loppuhäviö

| NN -0.50 H=1.5 m A=13.3 m ² R=1.16 | | | | | NN 0.00 H=2.0 m A=18.3 m ² R=1.45 | | | | | NN 0.50 H=2.5 m A=23.6 m ² R=1.71 | | | | |
|--|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Q m ³ /s | V m/s | hf ₁ cm | hf ₂ cm | hf ₁₊₂ cm | Q m ³ /s | V m/s | hf ₁ cm | hf ₂ cm | hf ₁₊₂ cm | Q m ³ /s | V m/s | hf ₁ cm | hf ₂ cm | hf ₁₊₂ cm |
| 3.80 | 0.29 | 0.83 | 0.17 | 1.0 | 5.92 | 0.32 | 0.79 | 0.21 | 1.0 | 8.32 | 0.35 | 0.75 | 6.25 | 1.0 |
| 6.59 | 0.50 | 2.50 | 0.50 | 3.0 | 10.26 | 0.56 | 2.36 | 0.64 | 3.0 | 14.41 | 0.61 | 2.25 | 0.75 | 3.0 |
| 8.52 | 0.64 | 4.17 | 0.83 | 5.0 | 13.23 | 0.72 | 3.94 | 1.06 | 5.0 | 18.57 | 0.79 | 3.74 | 1.26 | 5.0 |
| 10.43 | 0.78 | 6.25 | 1.25 | 7.5 | 16.19 | 0.88 | 5.91 | 1.59 | 7.5 | 22.75 | 0.96 | 5.61 | 1.89 | 7.5 |
| 12.04 | 0.91 | 8.33 | 1.67 | 10.0 | 18.71 | 1.02 | 7.87 | 2.13 | 10.0 | 26.27 | 1.11 | 7.48 | 2.52 | 10.0 |
| 14.74 | 1.11 | 12.50 | 2.50 | 15.0 | 22.90 | 1.25 | 11.81 | 3.19 | 15.0 | 32.17 | 1.36 | 11.22 | 3.78 | 15.0 |
| 17.03 | 1.28 | 16.66 | 3.34 | 20.0 | 26.45 | 1.44 | 15.75 | 4.25 | 20.0 | 37.13 | 1.57 | 14.95 | 5.05 | 20.0 |
| 19.03 | 1.43 | 20.83 | 4.17 | 25.0 | 29.57 | 1.62 | 19.69 | 5.31 | 25.0 | 41.52 | 1.76 | 18.69 | 6.31 | 25.0 |
| 20.85 | 1.57 | 24.99 | 5.01 | 30.0 | 32.38 | 1.77 | 23.62 | 6.38 | 30.0 | 45.48 | 1.93 | 22.43 | 7.57 | 30.0 |
| 22.52 | 1.69 | 29.16 | 5.84 | 35.0 | 34.98 | 1.91 | 27.55 | 7.45 | 35.0 | 49.13 | 2.08 | 26.17 | 8.83 | 35.0 |
| 24.08 | 1.81 | 33.32 | 6.68 | 40.0 | 37.40 | 2.01 | 31.49 | 8.51 | 40.0 | 52.52 | 2.22 | 29.91 | 10.09 | 40.0 |
| 26.91 | 2.02 | 41.65 | 8.35 | 50.0 | 41.78 | 2.28 | 39.37 | 10.63 | 50.0 | 58.72 | 2.49 | 37.39 | 12.61 | 50.0 |
| | | | | | 45.77 | 2.5 | 47.25 | 12.75 | 60.0 | 64.33 | 2.72 | 44.87 | 15.13 | 60.0 |
| 4.55 | 0.34 | 0.88 | 0.12 | 1.0 | 7.10 | 0.39 | 0.84 | 0.15 | 1.0 | 10.04 | 0.43 | 0.81 | 0.19 | 1.0 |
| 7.89 | 0.59 | 2.65 | 0.35 | 3.0 | 12.34 | 0.67 | 2.54 | 0.46 | 3.0 | 17.43 | 0.74 | 2.44 | 0.56 | 3.0 |
| 10.16 | 0.76 | 4.40 | 0.60 | 5.0 | 15.93 | 0.87 | 4.23 | 0.77 | 5.0 | 22.51 | 0.95 | 4.07 | 0.93 | 5.0 |
| 12.45 | 0.94 | 6.60 | 0.90 | 7.5 | 19.51 | 1.07 | 6.35 | 1.15 | 7.5 | 27.58 | 1.17 | 6.11 | 1.39 | 7.5 |
| 14.38 | 1.08 | 8.81 | 1.19 | 10.0 | 22.52 | 1.23 | 8.46 | 1.54 | 10.0 | 31.85 | 1.35 | 8.15 | 1.85 | 10.0 |
| 17.61 | 1.32 | 13.21 | 1.79 | 15.0 | 27.59 | 1.51 | 12.69 | 2.31 | 15.0 | 39.04 | 1.65 | 12.22 | 2.78 | 15.0 |
| 20.34 | 1.53 | 17.62 | 2.38 | 20.0 | 31.85 | 1.74 | 16.92 | 3.08 | 20.0 | 45.04 | 1.91 | 16.29 | 3.71 | 20.0 |
| 22.74 | 1.71 | 22.02 | 2.98 | 25.0 | 35.61 | 1.94 | 21.14 | 3.86 | 25.0 | 50.35 | 2.13 | 20.36 | 4.64 | 25.0 |
| 24.91 | 1.87 | 26.42 | 3.58 | 30.0 | 39.00 | 2.13 | 25.37 | 4.63 | 30.0 | 55.15 | 2.34 | 24.43 | 5.57 | 30.0 |
| 26.90 | 2.02 | 30.83 | 4.17 | 35.0 | 42.13 | 2.30 | 29.60 | 5.40 | 35.0 | 59.58 | 2.52 | 28.51 | 6.49 | 35.0 |
| 28.76 | 2.16 | 35.25 | 4.77 | 40.0 | 45.04 | 2.46 | 33.83 | 6.17 | 40.0 | 63.69 | 2.70 | 32.58 | 7.42 | 40.0 |
| 32.16 | 2.42 | 44.05 | 5.95 | 50.0 | 50.36 | 2.75 | 42.29 | 7.71 | 50.0 | 71.21 | 3.02 | 40.73 | 9.27 | 50.0 |
| | | | | 60.0 | 55.17 | 3.01 | 50.75 | 9.25 | 60.0 | 78.00 | 3.30 | 48.87 | 11.13 | 60.0 |

Liite 8

Vintrinrauman eri uoma-osuuksien virtaushäviöt ja muutos-häviöt eri pinnankorkeustasoilla ja eri pinnankorkeusero- ja vastaavat virtaamat Vintrinraumassa eri pinnankorkeus-tasoilla sekä virtausnopeudet kapeimmassa uomassa. $M = 35$

| NN | uoma | L (m) | $A \text{ (m}^2\text{)}$ | $R \text{ (m}^1\text{)}$ | hf |
|-------|-------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| -0.50 | 1 | 800 | 120 | 0.67 | $0.0000774Q^2$ |
| | 2 | 540 | 555 | 1.85 | $0.0000006Q^2$ |
| | 3 | 240 | 290 | 2.23 | $0.0000008Q^2$ |
| | 1 - 3 | muutoshäviöt | | | $0.0000080Q^2$ |
| | 1 - 3 | kokonaishäviöt $hf =$ | | | $0.0000868Q^2$ |
| 0.00 | 1 | 800 | 220 | 1.00 | $0.0000135Q^2$ |
| | 2 | 540 | 715 | 1.98 | $0.0000003Q^2$ |
| | 3 | 240 | 355 | 2.53 | $0.0000005Q^2$ |
| | 1 - 3 | muutoshäviöt | | | $0.0000027Q^2$ |
| | 1 - 3 | kokonaishäviöt $hf =$ | | | $0.0000170Q^2$ |
| +0.50 | 1 | 800 | 335 | 1.40 | $0.0000037Q^2$ |
| | 2 | 540 | 890 | 2.47 | $0.0000002Q^2$ |
| | 3 | 240 | 430 | 2.69 | $0.0000003Q^2$ |
| | 1 - 3 | muutoshäviöt | | | $0.0000013Q^2$ |
| | 1 - 3 | kokonaishäviöt $hf =$ | | | $0.0000055Q^2$ |

| hf (cm) | NN -0.50 | | NN 0.00 | | NN +0.50 | |
|--------------|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| | V (m/s) | Q (m^3/s) | V (m/s) | Q (m^3/s) | V (m/s) | Q (m^3/s) |
| 1.0 | 0.09 | 10.7 | 0.11 | 24.3 | 0.13 | 42.6 |
| 3.0 | 0.15 | 18.6 | 0.19 | 42.0 | 0.22 | 73.9 |
| 5.0 | 0.20 | 24.0 | 0.25 | 54.2 | 0.28 | 95.3 |
| 7.5 | 0.24 | 29.4 | 0.30 | 66.2 | 0.35 | 116.8 |
| 10.0 | 0.28 | 33.9 | 0.35 | 76.7 | 0.40 | 134.8 |
| 15.0 | 0.35 | 41.6 | 0.43 | 93.9 | 0.49 | 165.1 |
| 20.0 | 0.40 | 48.0 | 0.49 | 108.5 | 0.57 | 190.7 |
| 25.0 | 0.45 | 53.7 | 0.55 | 121.3 | 0.64 | 213.2 |
| 30.0 | 0.49 | 58.8 | 0.60 | 132.8 | 0.70 | 233.5 |
| 35.0 | 0.53 | 63.5 | 0.65 | 143.5 | 0.75 | 252.3 |
| 40.0 | 0.57 | 67.9 | 0.70 | 153.4 | 0.81 | 269.7 |
| 50.0 | 0.63 | 75.9 | 0.78 | 171.5 | 0.90 | 301.5 |
| 60.0 | 0.69 | 83.1 | 0.85 | 187.9 | 0.99 | 330.3 |

1) A ja R on pidetty vakiona vaikka todellisuudessa ne muuttuvat ylävirtaan päin mennessä. Tulokset lienevät tähän tar-koitukseen kuitenkin riittävän tarkat.

Liite 9/1

Liite 9

Vintrinrauman eri uomaosuuksien virtaushäviöt ja muutoshäviöt eri pinnankorkeuksilla ja eri pinnankorkeuseroja vastaavat virtaamat Vintrinraumassa eri pinnankorkeustasoilla sekä virtausnopeudet kapeimmassa uomassa mikäli uomaosuutta 1 on ruopattu $50 \text{ m}^3/\text{j.m.}$ $M = 35$

| NN | Uoma | L (m) | A (m^2) | R | h_f |
|-------|-------|------------------------|--------------------|------|----------------|
| -0.50 | 1 | 800 | 170 | 0.94 | $0.0000245Q^2$ |
| | 2 | 540 | 555 | 1.85 | $0.0000006Q^2$ |
| | 3 | 240 | 290 | 2.23 | $0.0000008Q^2$ |
| | 1 - 3 | muutoshäviöt | | | $0.0000044Q^2$ |
| | 1 - 3 | kokonaishäviöt $h_f =$ | | | $0.0000303Q^2$ |
| +0.00 | 1 | 800 | 270 | 1.23 | $0.0000068Q^2$ |
| | 2 | 540 | 715 | 1.98 | $0.0000003Q^2$ |
| | 3 | 240 | 355 | 2.53 | $0.0000005Q^2$ |
| | 1 - 3 | muutoshäviöt | | | $0.0000020Q^2$ |
| | 1 - 3 | kokonaishäviöt $h_f =$ | | | $0.0000096Q^2$ |
| +0.50 | 1 | 800 | 385 | 1.60 | $0.0000024Q^2$ |
| | 2 | 540 | 890 | 2.47 | $0.0000002Q^2$ |
| | 3 | 240 | 430 | 2.69 | $0.0000003Q^2$ |
| | 1 - 3 | muutoshäviöt | | | $0.0000011Q^2$ |
| | 1 - 3 | kokonaishäviöt $h_f =$ | | | $0.0000040Q^2$ |

| h_f (cm) | NN -0.50 | | NN 0.00 | | NN +0.50 | |
|---------------|------------|----------------------------|------------|------------------------------|------------|----------------------------|
| | V (m/s) | Q m^3/s | V (m/s) | Q (m^3/s) | V (m/s) | Q m^3/s |
| 1.0 | 0.11 | 18.1 | 0.12 | 32.3 | 0.13 | 50.0 |
| 3.0 | 0.19 | 31.5 | 0.21 | 55.9 | 0.22 | 86.6 |
| 5.0 | 0.24 | 40.6 | 0.27 | 72.2 | 0.29 | 111.8 |
| 7.5 | 0.29 | 49.8 | 0.33 | 88.4 | 0.36 | 136.9 |
| 10.0 | 0.34 | 57.4 | 0.38 | 102.1 | 0.41 | 158.1 |
| 15.0 | 0.41 | 70.4 | 0.46 | 125.0 | 0.50 | 193.6 |
| 20.0 | 0.48 | 81.2 | 0.53 | 144.3 | 0.58 | 223.6 |
| 25.0 | 0.53 | 90.8 | 0.60 | 161.4 | 0.65 | 250.0 |
| 30.0 | 0.59 | 99.5 | 0.65 | 176.8 | 0.71 | 273.9 |
| 35.0 | 0.63 | 107.5 | 0.71 | 190.9 | 0.77 | 295.8 |
| 40.0 | 0.68 | 114.9 | 0.76 | 204.1 | 0.82 | 316.2 |
| 50.0 | 0.76 | 128.5 | 0.85 | 228.2 | 0.92 | 353.6 |
| 60.0 | 0.83 | 140.7 | 0.93 | 250.0 | 1.01 | 387.3 |

Liite 10 Vedenpinnankorkeuden vaikutus Vintrinrauman ka-
peimman osan vesipöikkileikkaukseen, Reynoldsin-
lukuun ja uomaleveyteen sekä silta-aukkojen ve-
sipöikkileikkauksiin.

| NN | Vintrinrauma | | | Silta | |
|-------|---------------------|------|-------|---------------------|---------------------|
| | A (m ²) | R | L (m) | A (m ²) | B (m ²) |
| -0.70 | 87 | 0.53 | 164 | 76.6 | 54.3 |
| -0.60 | 103 | 0.60 | 172 | 79.9 | 56.6 |
| -0.50 | 120 | 0.67 | 180 | 83.3 | 58.9 |
| -0.40 | 138 | 0.73 | 188 | 86.6 | 61.8 |
| -0.30 | 157 | 0.80 | 196 | 89.9 | 63.1 |
| -0.20 | 177 | 0.87 | 204 | 93.2 | 65.4 |
| -0.10 | 198 | 0.93 | 212 | 96.6 | 67.7 |
| -0.00 | 220 | 1.00 | 220 | 100.0 | 70.0 |
| +0.10 | 242 | 1.08 | 224 | 103.2 | 72.3 |
| +0.20 | 265 | 1.16 | 228 | 106.6 | 74.6 |
| +0.30 | 288 | 1.24 | 232 | 109.9 | 76.9 |
| +0.40 | 311 | 1.32 | 236 | 113.2 | 79.2 |
| +0.50 | 335 | 1.40 | 240 | 116.6 | 81.5 |

| NN | Perattu uoma Vintrinrauma | | | Silta | |
|-------|------------------------------|------|-------|---------------------|---------------------|
| | A (m ²) | R | L (m) | A (m ²) | B (m ²) |
| -0.70 | 137 | 0.84 | 164 | 76.6 | 54.3 |
| -0.60 | 153 | 0.89 | 172 | 79.9 | 56.6 |
| -0.50 | 170 | 0.94 | 180 | 83.3 | 58.9 |
| -0.40 | 188 | 1.00 | 188 | 86.6 | 61.8 |
| -0.30 | 207 | 1.06 | 196 | 89.9 | 63.1 |
| -0.20 | 227 | 1.11 | 204 | 93.2 | 65.4 |
| -0.10 | 248 | 1.17 | 212 | 96.6 | 67.7 |
| -0.00 | 270 | 1.23 | 220 | 100.0 | 70.0 |
| +0.10 | 292 | 1.30 | 224 | 103.2 | 72.3 |
| +0.20 | 315 | 1.38 | 228 | 106.6 | 74.6 |
| +0.30 | 338 | 1.46 | 232 | 109.9 | 76.9 |
| 0.40 | 361 | 1.53 | 236 | 113.2 | 79.2 |
| 0.50 | 385 | 1.60 | 240 | 116.6 | 81.5 |

Liite 11/1

Liite 11

Vintrinrauman eri kokonaishäviöitä vastaavat virtaamat eri silta-aukoilla ja pinnankorkeuksilla sekä virtausnopeudet silta-aukoissa.

| | | Silta A (100 m ² tasolla NN 0.00) | | | | Silta B (70 m ² tasolla NN 0.00) | | | |
|-------|------------|--|--------------------|------------------------|------------|---|--------------------|------------------------|------------|
| NN | hf (cm) | hf silta (cm) | hf uoma (cm) | Q m ³ /s | V (m/s) | hf silta (cm) | hf uoma (cm) | Q m ³ /s | V (m/s) |
| -0.50 | 1.0 | 0.04 | 1.0 | 10.5 | 0.13 | 0.14 | 0.85 | 9.9 | 0.17 |
| | 3.0 | 0.12 | 2.88 | 18.2 | 0.22 | 0.42 | 2.57 | 17.2 | 0.29 |
| | 5.0 | 0.20 | 4.79 | 23.5 | 0.28 | 0.69 | 4.32 | 22.3 | 0.38 |
| | 7.5 | 0.30 | 7.20 | 28.8 | 0.35 | 1.02 | 6.51 | 27.4 | 0.47 |
| | 10.0 | 0.39 | 9.62 | 33.3 | 0.40 | 1.34 | 8.67 | 31.6 | 0.54 |
| | 15.0 | 0.58 | 14.45 | 40.8 | 0.49 | 1.98 | 13.00 | 38.7 | 0.66 |
| | 20.0 | 0.76 | 19.25 | 47.1 | 0.57 | 2.62 | 17.42 | 44.8 | 0.76 |
| | 25.0 | 0.95 | 24.02 | 52.6 | 0.63 | 3.25 | 21.70 | 50.0 | 0.85 |
| | 30.0 | 1.13 | 28.90 | 57.7 | 0.69 | 3.89 | 26.16 | 54.9 | 0.93 |
| | 35.0 | 1.31 | 33.69 | 62.3 | 0.75 | 4.52 | 30.42 | 59.2 | 1.01 |
| | 40.0 | 1.54 | 38.50 | 66.6 | 0.80 | 5.17 | 34.78 | 63.3 | 1.07 |
| | 50.0 | 1.85 | 48.05 | 74.4 | 0.89 | 6.47 | 43.63 | 70.9 | 1.20 |
| | 60.0 | 2.20 | 57.75 | 81.4 | 0.98 | 7.72 | 52.27 | 77.6 | 1.32 |
| 0.00 | 1.0 | 0.22 | 0.79 | 21.5 | 0.22 | 0.46 | 0.53 | 17.6 | 0.25 |
| | 3.0 | 0.66 | 2.33 | 37.0 | 0.37 | 1.58 | 1.92 | 33.6 | 0.48 |
| | 5.0 | 1.09 | 3.91 | 48.0 | 0.48 | 2.23 | 2.76 | 40.3 | 0.58 |
| | 7.5 | 1.62 | 5.88 | 58.8 | 0.59 | 3.34 | 4.17 | 49.5 | 0.71 |
| | 10.0 | 2.15 | 7.86 | 68.0 | 0.68 | 4.42 | 5.56 | 57.2 | 0.82 |
| | 15.0 | 3.18 | 11.82 | 83.4 | 0.83 | 6.62 | 8.47 | 70.6 | 1.01 |
| | 20.0 | 4.20 | 15.80 | 96.4 | 0.96 | 8.73 | 11.26 | 81.4 | 1.16 |
| | 25.0 | 5.23 | 19.79 | 107.9 | 1.08 | 10.84 | 14.08 | 91.0 | 1.30 |
| | 30.0 | 6.26 | 23.71 | 118.1 | 1.18 | 13.02 | 17.00 | 100.0 | 1.43 |
| | 35.0 | 7.27 | 27.72 | 127.1 | 1.27 | 15.15 | 19.86 | 108.1 | 1.54 |
| | 40.0 | 8.32 | 31.68 | 136.5 | 1.37 | 17.27 | 22.72 | 115.6 | 1.65 |
| | 50.0 | 10.37 | 39.64 | 152.7 | 1.53 | 21.56 | 28.46 | 129.4 | 1.85 |
| | 60.0 | 12.41 | 47.58 | 167.3 | 1.67 | 25.79 | 34.18 | 141.8 | 2.03 |
| +0.50 | 1.0 | 0.46 | 0.53 | 31.0 | 0.27 | 0.69 | 0.32 | 23.9 | 0.31 |
| | 3.0 | 1.36 | 1.66 | 55.0 | 0.47 | 2.05 | 0.95 | 41.5 | 0.51 |
| | 5.0 | 2.23 | 2.77 | 71.0 | 0.61 | 3.39 | 1.61 | 54.1 | 0.66 |
| | 7.5 | 3.33 | 4.16 | 87.5 | 0.75 | 5.07 | 2.44 | 66.6 | 0.82 |
| | 10.0 | 4.40 | 5.63 | 101.2 | 0.88 | 6.72 | 3.27 | 77.1 | 0.95 |
| | 15.0 | 6.51 | 8.46 | 124.0 | 1.06 | 10.04 | 4.96 | 95.0 | 1.17 |
| | 20.0 | 8.67 | 11.34 | 143.6 | 1.23 | 13.33 | 6.66 | 110.0 | 1.35 |
| | 25.0 | 10.79 | 14.20 | 160.7 | 1.38 | 16.66 | 8.32 | 123.0 | 1.51 |
| | 30.0 | 12.90 | 17.11 | 176.4 | 1.51 | | | | |

Vintrinrauman eri kokonaishäviöitä vastaavat virtaamat eri silta-aukoilla ja pinnankorkeuksilla peratussa uomassa sekä virtausnopeudet silta-aukossa.

| NN | hf (cm) | Silta A (100 m ²) | | | | Silta B (70 m ²) | | | |
|-------|------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------|------------|------------------------------|--------------------|--------------------------|------------|
| | | hf silta (cm) | hf uoma (cm) | Q (m ³ /s) | V (m/s) | hf silta (cm) | hf uoma (cm) | Q (m ³ /s) | V (m/s) |
| -0.50 | 1.0 | 0.19 | 0.81 | 16.4 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 14.1 | 0.24 |
| | 3.0 | 0.53 | 2.46 | 28.5 | 0.34 | 1.15 | 1.85 | 24.7 | 0.42 |
| | 5.0 | 0.88 | 4.13 | 36.9 | 0.44 | 1.89 | 3.10 | 32.0 | 0.54 |
| | 7.5 | 1.30 | 6.19 | 45.2 | 0.54 | 2.84 | 4.66 | 39.2 | 0.67 |
| | 10.0 | 1.72 | 8.29 | 52.3 | 0.63 | 3.73 | 6.27 | 45.5 | 0.77 |
| | 15.0 | 2.54 | 12.45 | 64.1 | 0.77 | 5.55 | 9.43 | 55.8 | 0.95 |
| | 20.0 | 3.38 | 16.63 | 74.1 | 0.89 | 7.35 | 12.64 | 64.6 | 1.10 |
| | 25.0 | 4.20 | 20.82 | 82.9 | 0.99 | 9.15 | 15.84 | 72.3 | 1.23 |
| | 30.0 | 5.02 | 24.98 | 90.8 | 1.09 | 10.95 | 19.05 | 79.3 | 1.35 |
| | 35.0 | 5.83 | 29.16 | 98.1 | 1.18 | 12.75 | 22.26 | 85.7 | 1.46 |
| | 40.0 | 6.66 | 33.64 | 104.9 | 1.26 | 14.53 | 25.47 | 91.7 | 1.56 |
| | 50.0 | 8.29 | 41.69 | 117.3 | 1.41 | 18.07 | 31.89 | 102.5 | 1.74 |
| | 60.0 | 9.94 | 50.11 | 128.6 | 1.54 | 21.64 | 38.35 | 112.5 | 1.91 |
| 0.00 | 1.0 | 0.38 | 0.61 | 25.0 | 0.25 | 0.63 | 0.37 | 19.5 | 0.28 |
| | 3.0 | 1.12 | 1.87 | 43.7 | 0.44 | 1.87 | 1.13 | 34.3 | 0.49 |
| | 5.0 | 1.85 | 3.14 | 56.6 | 0.57 | 3.08 | 1.91 | 44.6 | 0.64 |
| | 7.5 | 2.76 | 4.75 | 69.6 | 0.70 | 4.61 | 2.90 | 55.0 | 0.79 |
| | 10.0 | 3.65 | 6.35 | 80.5 | 0.81 | 6.11 | 3.90 | 63.7 | 0.91 |
| | 15.0 | 5.43 | 9.58 | 98.9 | 0.99 | 9.12 | 5.90 | 78.4 | 1.12 |
| | 20.0 | 7.20 | 12.82 | 114.4 | 1.14 | 12.11 | 7.90 | 90.7 | 1.30 |
| | 25.0 | 8.94 | 16.06 | 128.0 | 1.28 | 15.09 | 9.91 | 101.6 | 1.45 |
| | 30.0 | 10.74 | 19.26 | 140.2 | 1.40 | 18.05 | 11.96 | 111.6 | 1.59 |
| | 35.0 | 12.51 | 22.61 | 151.9 | 1.52 | 21.02 | 13.99 | 120.7 | 1.72 |
| | 40.0 | 14.21 | 25.78 | 162.2 | 1.62 | 23.98 | 16.02 | 129.2 | 1.85 |
| | 50.0 | 17.72 | 32.28 | 181.5 | 1.82 | 29.02 | 20.10 | 144.7 | 2.07 |
| | 60.0 | 21.56 | 39.44 | 200.6 | 2.01 | 35.80 | 24.21 | 158.8 | 2.27 |
| +0.50 | 1.0 | 0.57 | 0.44 | 33.0 | 0.28 | 0.76 | 0.23 | 24.0 | 0.29 |
| | 3.0 | 1.66 | 1.35 | 58.0 | 0.50 | 2.27 | 0.74 | 42.9 | 0.53 |
| | 5.0 | 2.73 | 2.27 | 75.1 | 0.64 | 3.77 | 1.22 | 55.3 | 0.68 |
| | 7.5 | 4.08 | 3.42 | 92.5 | 0.79 | 5.63 | 1.86 | 68.1 | 0.84 |
| | 10.0 | 5.41 | 4.60 | 107.2 | 0.92 | 7.50 | 2.50 | 79.1 | 0.97 |
| | 15.0 | 8.06 | 6.93 | 131.6 | 1.13 | 11.20 | 3.79 | 97.4 | 1.20 |
| | 20.0 | 10.70 | 9.30 | 152.5 | 1.31 | 14.92 | 5.08 | 112.7 | 1.38 |
| | 25.0 | 13.34 | 11.67 | 170.8 | 1.47 | 18.57 | 6.41 | 126.6 | 1.55 |
| | 30.0 | 15.97 | 14.03 | 187.3 | 1.61 | 22.27 | 7.74 | 139.1 | 1.71 |

